

# Vorträge

über

## Heizung und Ventilation in Unterrichts-Anstalten,

gehalten im österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereine, in den Versammlungen für Architektur und Hochbau am 14. Februar und 11. April 1878

von

**Friedrich Paul,**  
Ober-Ingenieur des Wiener Stadtbauamtes.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 25, 26, 27, 28, 29 und 30.)

### I. Vorbemerkungen.

Der Zweck dieser Vorträge ist, meine Studien und Erfahrungen über einen Gegenstand, der für die Schulhygienie von höchster Wichtigkeit ist, mitzutheilen, nämlich: über Heiz- und Ventilations-Anlagen in Unterrichtsanstalten.

Es ist wohl selbstverständlich, dass derlei Anlagen auch für alle Arten von öffentlichen Anstalten, sowie auch für Privatgebäude von grosser Wichtigkeit sind; doch habe ich in meinem Vortrage zunächst nur die Unterrichts-Anstalten im Auge. Es sind übrigens die Principien für Heiz- und Ventilations-Anlagen, die für Schulen sich als die richtigen erweisen, mit entsprechenden Modificationen auch für anderartige Gebäude massgebend.

Was ich Ihnen hier mittheilen werde, beruht wesentlich auf eigenen Erfahrungen, die ich mir durch meine praktische Thätigkeit im Heiz- und Ventilations-Fache, erworben habe. Ich werde auch in der Lage sein, Ihnen Neuerungen und Verbesserungen mittheilen zu können, die nach den Erfolgen, die ich erzielte, zur Erwartung berechtigen, dass sie einen entschiedenen Fortschritt des Luftheiz-Systemes begründen dürften.

Ich sagte, dass die Beheizung und die Ventilation von höchster Wichtigkeit für die Schulhygienie sei. Denn welchen Werth mag es haben, Lehrzimmer, Gänge und Stiegen noch so geräumig einzurichten, oder die Schulbänke in der wunderbarsten Weise den hygienischen Anforderungen anzupassen, — wenn die Schüler nicht nur eine verdorbene Luft einathmen müssen, sondern wenn auch die Gelegenheit gegeben ist, dass sich Ansteckungsstoffe in den Lehrzimmern häufen können, welche die Gesundheit der Schüler der ernstesten Gefährdung aussetzen können? Sicherlich wären manche Eltern von dem Tode ihres Kindes bewahrt geblieben, wenn es den Keim dazu nicht durch die verpestete Schulzimmerluft empfangen hätte.

Gut ventilirte Schulzimmer müssen daher nicht nur als eine Wohlthat für die Schüler, sondern auch als ein Glück für die Eltern angesehen werden.

Welche grossartigen Erfolge man aber durch eine reichliche Ventilation erzielen kann, beweisen die Krankenanstalten. So z. B. stellte sich früher im hiesigen allgemeinen Krankenhause das epidemische Kindbettfieber jährlich zwei- bis dreimal ein, verschwand aber vollständig, nachdem durch Professor Dr. Carl Böhm daselbst eine vehemente Ventilations-Einrichtung hergestellt war. In ähnlicher Weise wird auch dem Eintreten des sogenannten Hospitalbrandes, nämlich dem Brandigwerden der Wunden nach grösseren Operationen, durch eine kräftige Ventilation gesteuert, was wesentlich die im hiesigen Rudolfsspital, gleichfalls durch Herrn Dr. Böhm (Director

dieser Anstalt) hergestellte Ventilations-Einrichtung in auffallender Weise bewiesen hat.

Die Nothwendigkeit einer Ventilirung, sowie die factisch erreichbare Vollkommenheit der permanenten Erhaltung guter Zimmerluft, durch eine reichliche Ventilation, lässt sich auf chemischem Wege nachweisen.

Nach Dr. Pettenkofer hält das Anwachsen des Kohlensäuregehaltes einer Zimmerluft mit dem durch Ausathmung und Ausdünstung eintretenden Verderbnisse nahezu gleichen Schritt, so dass der Percentgehalt von Kohlensäuregas den Grad der eingetretenen Luftverderbniss anzeigt, vorausgesetzt, dass der Kohlensäuregehalt nicht etwa auf eine künstliche Art erzeugt wurde.

Die atmosphärische Luft enthält an Beimischung dieses Gases circa  $\frac{1}{10}$  Volumtheile per mille. Die Zimmerluft wird daher, wenn Menschen anwesend sind, mehr von dieser Beimischung enthalten, und es bezeichnet Dr. Pettenkofer 1 pro mille als das Grenzverhältniss, welches gute Zimmerluft im äussersten Falle erreichen darf.

Während nun angestellte Kohlensäuremessungen in nicht ventilirten Schulzimmern ein Steigen des Kohlensäuregehaltes auf das nahezu 10fache des besagten zulässigen Maasses, und daher eine enorme Luftverschlechterung zeigten — ergaben die Kohlensäuremessungen in gut ventilirten Schulzimmern, dass sich die Luftbeschaffenheit während der Unterrichtsdauer ziemlich constant in dem Güteverhältnisse von 1 per mille Kohlensäure erhielt.

Der Gemeinderath von Wien, welcher der Pflege des Schulunterrichtes einen grossen Theil seiner Thätigkeit widmet, und der Verbesserung und Vermehrung dieser Bildungsanstalten die äussersten Opfer bringt, hat auch schon vor einer geraumen Reihe von Jahren sein Augenmerk auf die Ventilationsfrage und der hiermit in Verbindung stehenden Beheizungsfrage gerichtet.

Es wurden anfänglich in dieser Richtung Verbesserungen dadurch angestrebt, dass man von der Einrichtung der Schulen mit gewöhnlichen Zimmeröfen abging, und anstatt deren ventilirende Zimmer-Caloriferes anwendete. Dann ging man zur Einrichtung von Central-Luftheizungen über. Als aber die Resultate beider Systeme noch nicht befriedigen konnten, versuchte man es mit der Warmwasserheizung. Die mit diesem Systeme erzielten Erfolge waren jedoch nicht so bedeutend, dass die Kostspieligkeit desselben motivirt erschien.

Um nun für die weitere Folge Rath zu schaffen, zeigte es sich als nothwendig, die Heiz- und Ventilationsfrage zum Gegenstande eines besonderen Studiums zu machen. Demgemäss fand sich der Gemeinderath von Wien im Jahre 1875 veranlasst, das Stadtbauamt zu beauftragen, die Central-Heizungen aller Systeme an ausgeführten Objecten in Wien und theils auch ausserhalb Wiens zu studiren, und bezüglich ihrer Anwendbarkeit für Unterrichtsanstalten ein allgemeines Gutachten zu erstatten, sowie auch für die zunächst in Ausführung zu bringenden Systeme geeignete Anträge zu stellen.

Mit der Lösung dieser Aufgabe wurde ich von der Direction des Stadtbauamtes betraut, und erst von diesem Zeitpunkte an beginnt meine Thätigkeit in dem Heiz- und Ventilationsfache,

welche auch zur nothwendigen Folge hatte, dass mir von nun an die Leitung des städtischen Hochbaubureau's übertragen wurde.

Mitte Jänner des Jahres 1875 erhielt ich den besagten Auftrag, und schon im darauffolgenden März hatte ich das Gutachten vorzulegen. Dasselbe wurde vom Gemeinderathe sofort in Druck gelegt. Meine damaligen Anträge bezogen sich auf möglichste Vermeidung von Ofenheizungen, vorläufige Einführung von Heisswasserheizungen (Mitteldruck-System) und versuchsweise Vervollkommnung von Luftheizungen, indem letztere eine Verbesserungsfähigkeit erkennen liessen, und zudem auch die billigsten Centralheizungen sind.

Nachdem über früher gefassten Beschluss ohnedies noch in einer der im Bau begriffenen Schulen eine Warmwasserheizung herzustellen war, beantragte ich umsoweniger einen weiteren Versuch mit diesem Systeme, als dasselbe unverhältnissmässige Kosten verursacht.

Sämmtliche Anträge erhielten die Genehmigung, und ich hatte noch in demselben Jahre die besagte Warmwasserheizung, dann drei Heisswasserheizungen und zwei Luftheizungen herzustellen. Diese Anlagen sollten für weitere Ausführungen gewissermassen als Studien-Objecte dienen. Sie entsprachen sämmtlich ihrem Zwecke, namentlich lieferten die günstigen Resultate der Luftheizungen den Beweis, dass man die kostspieligen Heisswasserheizungen entbehren könne.

Nunmehr hatte ich in den Schulen, die im Jahre 1876 von der Commune Wien erbaut wurden, noch drei Central-Luftheizungen einzurichten. Die Herstellung von Heisswasserheizungen entfiel; dagegen hatte ich in zwei neuen Schulen Ofenheizungen der bestmöglichsten Art herzustellen. Hiezu wählte ich die ventilirenden Regulir-Füllöfen; ich brachte aber dieselben Einrichtungen für Sammlung und Einführung der frischen Luft, und für den Abzug der verdorbenen Luft, wie bei Luftheizungen, in Anwendung.

Es sollte sich hiebei herausstellen, inwieweit es möglich wäre, durch solche Ofenheizungen, deren Herstellungskosten sich immerhin geringer als die der Luftheizungen erwiesen, den Anforderungen der Schulhygienie und der Brennstoff-Oekonomie entsprechen zu können.

Diesem zweiten Versuchsjahre wurde nun noch ein drittes, nämlich das verflossene Jahr angeschlossen, in welchem ich noch drei Central-Luftheizungen und zwei Ofenheizungen in neuerbauten städtischen Schulen herzustellen hatte.

Die Resultate aller angeführten Heizanlagen wurden im commissionellen Wege in einer grossen Reihe von Heizproben erhoben.

Bei diesen Commissionen intervenirten Vertreter des Gemeinderathes, des Magistrates, des Stadt-Physikates, dann der städtischen Buchhaltung und des Bauamtes. Auch die Constructeure der betreffenden Heizanlagen wurden beigezogen. Man ging hiebei mit grösster Sorgfalt vor. Das Brennmaterial wurde gewogen, die Temperaturen in allen beheizten Räumen stündlich abgelesen, und die Lüfterneuerungen in den einzelnen Localitäten wurden mittelst Anemometer gemessen.

Die Resultate, welche auf solche Weise, und zwar in Bezug auf Annehmlichkeit der Beheizung, gleiche Temperatur in allen Localitäten, reichliche Ventilation und Brennstoff-Oekonomie,

in dem nunmehr beendeten Winter gewonnen wurden, haben unanfechtbar festgestellt, dass die Central-Luftheizung in jeder Hinsicht allen anderen Systemen für die Beheizung von Schulen vorzuziehen sei. Wesentlich hat zu diesem Vorrang des Luftheiz-Systems allerdings auch der Umstand beigetragen, dass ich mein unablässiges Streben dahin richtete, dieses in seiner Grundidee für Schulzwecke tauglichste System in den besagten drei Jahren mehr und mehr zu vervollkommen, und dass dieses mein Streben auch mit dem glücklichsten Erfolge begleitet war.

Die gewonnenen Resultate im Zusammenhange mit besagten Verbesserungen waren zudem auch geeignet, einen tieferen Einblick in das Wesen der Luftheizung zu eröffnen, und die Erkenntniss schöpfen zu können, dass dieses System das natürlichste und einfachste sei, und dass alle Einwendungen, die gegen das Luftheiz-System erhoben worden sind, ihren alleinigen Grund in einzelnen sachwidrigen oder mangelhaften Constructionen und in der zumeist nachlässigen oder unkundigen Bedienung hatten.

Es war daher auch mein Bestreben dahin gerichtet, nicht nur gute Luftheizungen herzustellen, sondern auch intelligente und verlässliche Individuen zur Bedienung derselben ausfindig zu machen.

Der Gemeinderath von Wien hat nunmehr in Hinblick auf die Erfolge der Luftheizungen, die ich in letzter Zeit erzielte, in seiner Plenarsitzung vom 22. Februar d. J. mit Einmüthigkeit beschlossen, dieses Heizsystem nunmehr in allen neu zu erbauenden Schulen einzuführen, und dort, wo solche Anlagen der früheren Herstellungsart bestehen, dieselben nach den neuen Principien zu reconstruiren.

Ich muss mir erlauben die Namen derjenigen Herren hier zu nennen, welche in ihrer Stellung mit Einsicht und Standhaftigkeit die gute Sache fördern geholfen haben.

Nebst anderen Mitgliedern des Wiener Gemeinderathes haben mit besonderer Aufopferung von Zeit und Mühe die Herren Gemeinderäthe Jacob Flucher, Stadtbaumeister; Anton Freissler, Civil-Ingenieur; Carl Gröbner, Architekt; Stefan Jaschka, Fabriksbesitzer; Philipp Kaiser, Ingenieur und Architekt und Anton Kangel, akademischer Bildhauer, bei der Unzahl vorgenommener Heizproben intervenirt, und meine Anträge im Gemeinderathe zur Genehmigung befördert. Sämmtliche Referate in dieser Angelegenheit wurden vom Herrn Architekt Carl Gröbner sowohl in den Sectionssitzungen als auch in den Plenarsitzungen des Gemeinderathes erstattet.

Seitens des Magistrates hatte Herr Magistratsrath Martini, unterstützt durch Herrn Magistrats-Secretär Philipp, die Referatserstattung. Der Stadt-Physikus und k. k. Sanitätsrath Herr Dr. Franz Innhauser hat ungeachtet seiner drückenden Geschäftslast der Mitwirkung bei den Erprobungen meiner hergestellten Einrichtungen viele Zeit gewidmet, und auch durch seine erstatteten Gutachten die Sache wesentlich gefördert. Ich darf hiebei nicht unerwähnt lassen, dass Herr Dr. Innhauser längst die Culturfähigkeit der Luftheizungen erkannt hatte, und dass derselbe auf Grundlage seiner Studien an ausgeführten der-

artigen Anlagen im In- und Auslande, zur Ueberzeugung gekommen war, dass vom rein ärztlichen Standpunkte aus das Luftheiz-System nicht beanstandet werden kann, und dass es sich nur um technische Vervollkommnungen handeln könne.

Auch muss ich noch des pens. Stadt-Baudirectors Niernsee und des jetzigen Amtsleiters, Vice-Baudirectors Arnberger erwähnen, die, als meine Vorgesetzten, mir die Lösung der in Rede stehenden Aufgabe übertragen haben, und daher umsomehr sich berufen fanden, förderlich einzugreifen. Ich wurde auch durch die der städtischen Hochbau-Abtheilung zugewiesenen Beamten, nämlich die Ingenieure Clauser und Lichtblau, sowie auch durch Architekt Siebreich in verdienstvoller Weise unterstützt.

## II. Ventilation während der Heizperiode.

Ich muss hier auf die Urquelle aller Ventilation zurückgehen, nämlich auf jene Lüfterneuerung, die sich in Wohnräumen von selbst einstellt, und benütze hiezu die Versuche, welche Dr. Pettenkofer in München anstellte; ich werde wiederholt die Daten benützen, welche dieser Gelehrte in seinen Vorlesungen über Kleidung, Wohnung und Boden mitgetheilt hat.

Derselbe fand nämlich in einem Zimmer von  $75^{\text{kbm}}$  Inhalt, welches er für seine Versuche wählte, dass die Luft bei geschlossenen Fenstern und geschlossener Thüre sich in jeder Stunde einmal gänzlich erneuere. Als aber alle Fenster- und Thürfugen luftdicht vermacht wurden, betrug die Lüfterneuerung in jeder Stunde immer noch  $\frac{3}{4}$  des Zimmerraumes. Dieses Resultat ergab sich bei  $-1^{\circ}$  Aussentemperatur und  $+18^{\circ}$  Zimmertemperatur, mithin bei  $19^{\circ}$  Temperatur-Differenz.

Zur Ermittlung des Luftwechsels bediente er sich der Kohlensäuremessungen. Lässt man nämlich eine bekannte Quantität dieses Gases in das betreffende Locale einströmen, so mischt sich dasselbe mit der vorhandenen Zimmerluft. Blicke nun diese Mischung unverändert, so läge darin ein Beweis, dass keine Luftveränderung vorgekommen sei. Zeigt aber die chemische Untersuchung der Zimmerluft, dass der künstlich erzeugte Kohlensäuregehalt allmählig sich verringert, und zuletzt bis zu dem geringen Quantum von  $\frac{1}{10}$  pro mille, d. i. bis zu dem Beisatze herabsinkt, welchen auch die atmosphärische Luft enthält, so bezeugt dies offenbar ein Eindringen der äusseren Luft in das Locale; und aus der Geschwindigkeit, mit der die Kohlensäure verschwindet, lässt sich die Grösse des Luftwechsels approximativ bestimmen.

Aus dem obangeführten zweiten Versuche geht hervor, dass die Lüfterneuerung durch die Ziegelwände hindurch stattgefunden haben müsse, weil alle Thür- und Fensterfugen luftdicht vermacht waren. Diese Ventilation durch die Mauerporen befremdet übrigens gar nicht, wenn man bedenkt, dass die Mauern leicht vom Wasser, d. i. von Feuchtigkeit durchdrungen werden, und dass daher die Luft, indem sie einer ungefähr 770maligen Verdünnung des Wassers gleicht, um so leichter durch die Mauerporen ziehen könne.

Auf diese freiwillige Ventilation kann man sich aber wenig verlassen, denn dieselbe ist vielen Launen unterworfen.

In erster Linie ist sie von der Differenz der äusseren gegen die Zimmertemperatur abhängig, und steht auch in Relation mit dem Winddrucke. Die Ventilation durch die Poren der Wände hört auf, sobald die betreffende Mauer durch Witterungseinflüsse feucht wird, weil die Feuchtigkeit den Luftdurchgang durch die Poren versperrt. Auch das Materiale des Mauerwerkes, der Anstrich, die Tapezierung etc. und jedenfalls auch die Mauerstärken sind zu berücksichtigen.

Unser gegenwärtiger Zweck ist übrigens nur der, die Steigerung der künstlichen Ventilation, welche dieselbe durch jene freiwillige Ventilation erfährt, in ihrem Ursprunge zu erkennen und sich über die Thätigkeit derselben eine Vorstellung zu machen.

Ein weiteres Eingehen in das Wesen der freiwilligen Ventilation ist daher nicht nöthig. Der Vollständigkeit halber erwähne ich nur noch, dass Dr. Pettenkofer die leichte Luftdurchlässigkeit der Poren an einem Stücke trockenen gewöhnlichen Mörtel nachgewiesen hat. Dasselbe hatte eine cylinderische Form, und war die Umfangsfläche mittelst Wachüberzug luftdicht umhüllt. An die obere sowie an die untere Basis setzte derselbe Blechtrichter luftdicht an. Indem er nun mit dem Munde ohne Anstrengung durch den einen Trichter Luft einblies, strömte dieselbe an der Mündung des anderen Trichters, also das Mörtelstück passirend, ungehindert aus, und zwar so bedeutend, dass dadurch eine Kerzenflamme in die horizontale Richtung gebeugt werden konnte.

In früheren Zeiten glaubte man viel gethan zu haben, wenn man irgendwo eine Oeffnung anbrachte, durch welche die Luft ein- und austreten konnte. Brachte man aber für Ein- und Austritt je eine separate Oeffnung an, so glaubte man für die Ventilierung des betreffenden Locales schon sicherlich Alles gethan zu haben. Erst später ging man daran, das Quantum der Lüfterneuerung zu messen, und das erforderliche Maass für jeden Fall näher zu bestimmen.

Namentlich wurden in Frankreich vor nahe 30 Jahren derartige Versuche angestellt und gefunden, dass für Erwachsene eine Erneuerung von  $60^{\text{kbm}}$  Luft per Kopf und Stunde nöthig sei, wenn in einem Locale für die Geruchsorgane jede Wahrnehmbarkeit der Anwesenheit von Menschen verschwinden soll.

Zu demselben Resultate gelangte auch Dr. Pettenkofer auf chemischem Wege, indem er durch Kohlensäuremessungen ermittelte, welches Quantum frischer Luft zugeführt werden müsse, um im betreffenden, mit Menschen besetzten Locale die Luftbeschaffenheit so zu erhalten, dass ihre Kohlensäurebeimengung nicht das Maass von 1 per mille erreiche, welches für gute Zimmerluft oben angegeben wurde. Das besagte Quantum von  $60^{\text{kbm}}$  per Stunde ist immerhin ein überraschend grosses, wenn man die geringe, zum Athmen nöthige Luftmenge in Betracht zieht.

Würde die ausgeathmete Luft zu Boden sinken, also von der übrigen guten Zimmerluft gesondert bleiben, so würde allerdings eine geringe Lüfterneuerung hinreichend sein, indem zur Athmung weniger als  $\frac{1}{2}^{\text{kbm}}$  Luft per Stunde und Kopf nöthig ist. Da aber die ausgeathmete Luft sich mit der übrigen Zimmerluft mischt, dieselbe demnach im ganzen Zimmerraume verdirbt, so wird die Lüfterneuerung in dem angegebenen, das Athmungsquantum weitaus übersteigendem Maasse nothwendig.

Wiewohl uns hier zunächst nur die Schulen interessiren, so wird es doch der Uebersicht halber am Platze sein, das Ventilations-Programm hier anzuführen, welches nach Dr. Pettenkofer in Frankreich nunmehr üblich ist.

In Spitälern bei gewöhnlichen Kranken . . . . .	60—70 <sup>k<sub>bm</sub></sup>
" " " Verwundeten . . . . .	100 "
" " " Epidemien . . . . .	150 "
" Gefängnissen . . . . .	50 "
" Werkstätten, gewöhnlichen . . . . .	60 "
" " ungesunden . . . . .	100 "
" Casernen, am Tage . . . . .	30 "
" " bei Nacht . . . . .	40—50 "
" Schauspielhäusern . . . . .	40—50 "
" Sälen für länger dauernde Versammlungen . . . . .	60 "
" " " kürzer " " . . . . .	30 "
" Schulen für Kinder . . . . .	12—15 "
" " " Erwachsene . . . . .	25—30 "

Diese angegebenen Luftquantitäten sind per Stunde verstanden, und sind jedenfalls reichlich bemessen.

Das Ventilations-Quantum, welches uns vornehmlich für unseren Zweck interessirt, ist das für Kinderschulen, mit 12 bis 15<sup>k<sub>bm</sub></sup> per Kopf und Stunde.

Um das factische Eintreten des erforderlichen Luftwechsels controlliren und sicherstellen zu können, bediente ich mich des bekannten Anemometers.

Ich muss hier des Instrumentes der Firma R. Füss in Berlin erwähnen, dessen ich mich bediente, weil es nicht die Zahl der Umdrehungen des Windrädchens, aus der erst die Luftgeschwindigkeit berechnet werden müsste, sondern direct die Geschwindigkeit in Metern per Minute angibt, daher dessen Gebrauch sehr bequem ist.

In Lehrzimmern von Volksschulen kann man inclusive Zwischengänge etc. verglichen, per Schüler  $\frac{3}{4}$  □<sup>m</sup> Fussbodenfläche, also bei einer Zimmerhöhe von 4<sup>m</sup> per Schüler 3<sup>k<sub>bm</sub></sup> rechnen. Mithin käme zu dem Quantum frischer Luft per 3 Raum-Meter, welches schon bei dem Eintritte der Kinder vorhanden ist, noch für jede Stunde  $2 \times 3 = 6$  Raum-Meter Luftzuführung zu rechnen, wenn die Ventilation für eine zweimalige Lüfterneuerung per Stunde eingerichtet wäre.

Ich messe grundsätzlich die Lüfterneuerung nur an der Abströmungsöffnung, weil ich dann versichert bin, dass zum allermindesten diese Quantität verdorbener Luft abströmen muss. Es haben nämlich die Messungen an den Warmluftöffnungen bei den Lüftheizungen gezeigt, dass die einströmende erwärmte frische Luft um circa ein Drittel mehr, ja sogar auch manchmal das Doppelte der Abströmung betrage. Die Volumenschiedenheit in Folge der Differenz der Ein- und Abström-Temperatur, welche kaum  $\frac{1}{10}$  erreichen kann, ist hiebei nicht in Betracht zu nehmen.

Die factische Ventilation ist somit sicherlich das 1 $\frac{1}{3}$ -fache der an der Abströmöffnung gemessenen, und ist daher mit dem plus einer  $\frac{2}{3}$ -maligen Lüfterneuerung zuzuschlagen, wenn, wie oben gesagt, die Abströmung auf das Doppelte eingestellt wird.

Die Ursache jener Ventilations-Vermehrung ist aus den früheren Betrachtungen klar, dieselbe besteht nämlich in der dort erörterten freiwilligen Ventilation durch Thür- und Fensterfugen, sowie durch die Poren der Wände.

Nach dem Gesagten haben wir daher im Ganzen genommen folgende Quantitäten frischer Luft zu Gebote:

1. Im Beginne des Unterrichtes bereits an guter Zimmerluft vorhanden, per Kopf . . . . .	3 <sup>k<sub>bm</sub></sup>
2. Während des Unterrichtes durch den Abzugs-schlauch abziehend . . . . .	6 <sup>k<sub>bm</sub></sup>
3. $\frac{1}{3}$ hievon als freiwillige Ventilation hiezu . . . . .	2 "
Zusammen per Kopf und Stunde permanent . . . . .	8 <sup>k<sub>bm</sub></sup>

Es ist immerhin möglich, dass die freiwillige Ventilation eine noch grössere ist als die, welche sich blos aus der Differenz des ein- und ausströmenden Luftquantums herausstellt, so dass dann die factische Lüfterneuerung die eben ermittelte noch übertrifft.

Die berechneten 8<sup>k<sub>bm</sub></sup> per Kopf und Stunde, welche sich als permanentes Maass ergeben, und wenn auch noch die ursprünglich vorhandenen 3<sup>k<sub>bm</sub></sup> berücksichtigt werden, erreichen doch noch nicht die in Frankreich als Programms-Forderung aufgestellten 12 bis 15<sup>k<sub>bm</sub></sup>. Allein es hat das obige geringere Maass alle Directoren und Lehrkräfte der betreffenden von mir hergestellten Schulen nicht nur befriediget, sondern man fand auch bei den vielfältigen commissionellen Nachsichten die Luft in den Lehrzimmern, sowohl inmitten der Unterrichtszeit als auch zum Schlusse derselben so gut, dass sich kein Anlass ergab, eine reichlichere Ventilation anzuordnen.

Ich muss übrigens bemerken, dass meine hergestellten Lüftheizungen, wenn man von einem erhöhten Brennstoffbedarfe absehen will, leicht eine viermalige Lüfterneuerung per Stunde erzielen lassen, ja dass die Lüfterneuerung bei entsprechend niedriger Aussentemperatur bis auf eine vielleicht sechsmalige per Stunde gesteigert werden könnte. Denn da ich die Luftzufuhr- und Abzugschläuche sehr weit herstelle, und den Heizflächen der Apparate ein Uebermaass gebe, so wird dadurch die Möglichkeit einer solchen Ventilations-Steigerung geboten.

Diese bedeutende Ventilations-Fähigkeit dürfte aber bei solchen herrschenden Krankheiten, die durch Ansteckung leicht mitgetheilt werden, einen besonderen Werth haben, weil man in solchen Zeiten einen bedeutend forcirten Luftwechsel einleiten kann.

Wie gesagt, erreichte ich durch eine zweimalige Erneuerung der Zimmerluft per Stunde die allgemeinste Zufriedenheit.

Sollte aber dennoch in Zukunft eine reichlichere Ventilation, etwa nach der erwähnten in Frankreich aufgestellten Norm, verlangt werden, so unterliegt es keinem Anstande, bei meinen hergestellten Anlagen diesem Verlangen entsprechen zu können. Es handelt sich hiebei wesentlich darum, ob der Mehrverbrauch von Brennmaterial acceptirt werde.

Man hört vielseitig die Besorgniss aussprechen, eine kräftige Ventilation verursache einen schädlichen Luftzug im Locale, daher es nicht uninteressant sein dürfte, näher zu untersuchen, ob diese Furcht vor Lüfterneuerung irgend eine Begründung habe.

Nimmt man die Länge eines Lehrzimmers auf 10<sup>m</sup> an, so würde, bei Annahme einer im Allgemeinen gleichförmigen Längsbewegung der gesamten Zimmerluft, und bei zweimaliger Erneuerung per Stunde, der Luftstrom einen Weg von 2mal 10, d. i. 20<sup>m</sup> in dieser Zeit beschreiben oder sich um nur 6<sup>mm</sup> per Secunde bewegen.

Selbst bei der vehementen Ventilation einer sechsmaligen Lüftererneuerung per Stunde, würde jene Geschwindigkeit per Secunde nur das winzige Maass von  $17^{\text{mm}}$  betragen.

Da aber erst eine Luftbewegung von circa  $\frac{1}{2}^{\text{m}}$ , d. i. von  $500^{\text{mm}}$  Geschwindigkeit per Secunde für die Sinnesorgane wahrnehmbar ist, so folgt daraus, dass selbst die vehementeste Ventilation im gesammten Locale keine Zugbelästigung hervorbringen kann.

Eine Zugbelästigung kann nur dann entstehen, wenn die Ventilation fehlerhaft eingerichtet ist, nämlich derart, dass der zu- oder abfliessende Luftstrom sich an einer Stelle concentrirt, an der sich Menschen befinden. Derlei Fehler müssen aber vermieden werden.

Jede beheizte Schul-Localität versehe ich mit einem senkrechten, bis über das Dach hinausgehenden Mauerschlauch von  $1\frac{1}{2}\square' = 0.15\square^{\text{m}}$  Querschnitt, welcher zur Abfuhr der verdorbenen Luft bestimmt ist.

Die Temperatur-Differenz der Aussenluft und der Zimmerluft ist selbst bei der geringsten Beheizung immer noch für die Zugkraft gross genug, um bei einem Querschnitte der besagten Grösse eine weit mehr als zweimalige Lüftererneuerung per Stunde bewirken zu können.

Ein besonderer Vortheil dieser Anordnung besteht in der Isolirung der Räumlichkeiten bezüglich der Ventilation, wonach es nicht vorkommen kann, dass störende Zufälligkeiten in dem einen Locale sich auf eine unregelmässige Ventilirung anderer Räume fortpflanzen können. Ebenso wenig ist es dabei möglich, dass die von einem Raume abziehende verdorbene Luft einen Rückweg nach einem anderen Raume nehmen kann.

Die Rückführung der verdorbenen Zimmerluft durch senkrechte Mauerschläuche bis zum Kellerraum, wo dieselbe in gemeinschaftlichen, horizontalen Canälen gesammelt, und einer Aspirations-Esse zugeführt wird, habe ich zwar bei meinen erst hergestellten Anlagen versucht, bin aber davon abgekommen, weil diese Anlage oft auf bauliche Hindernisse stösst, Mehrkosten verursacht und häufig die obbesagten Unregelmässigkeiten hervorbringt, welche aus der Gemeinschaftlichkeit der Ventilirungs-Einrichtung entstehen.

Die Mehrkosten sind nicht sehr bedeutend, indem selbe für eine Schule bloss mit etwa 2000 fl. veranschlagt werden können; sind aber insoferne beachtenswerth, als mit denselben nicht leicht ein besonderer Vortheil erreicht werden wird.

Die Anbringung der Abzugsöffnung für die verdorbene Luft, möglichst nahe am Fussboden, ist von Wesenheit, damit stets die kühlste Luftschicht abgezogen, und hiermit auch zugleich eine Egalisirung der Temperaturen in den übereinander befindlichen Luftschichten erzielt werde.

Die Differenz in diesen Luftschichten, nämlich nahe am Fussboden und  $2^{\text{m}}$  über demselben, zeigte sich in einem vorgekommenen Falle, unter übrigens ganz gleichen Verhältnissen, in jenen Localen um  $1^{\circ}\text{C.}$  grösser, woder untere Rand der Abzugsöffnung um  $0.3^{\text{m}}$  höher stand; woraus hervorgeht, wie wichtig es sei, die Luft nahe am Fussboden abzu ziehen.

Die gedachten Luftabzugsschläuche versehe ich auch nahe am Plafond mit einer Abzugsöffnung, die aber während der Heiz-

periode geschlossen bleibt, indem sie für die Sommer-Ventilation zu dienen hat.

Nur in dem einen Falle, als bei abendlichem Unterrichte, namentlich in Zeichensälen, die Gasflammen angezündet werden müssen, ist auch in der Heizperiode der Gebrauch jener oberen Abzüge von Wesenheit. Denn die durch das Gaslicht verdorbene und oft zu stark erwärmte Luft kann dann sofort nahe am Plafond abziehen, was wegen der, durch die Gasflammen in den oberen Luftschichten erzielten Erwärmung mit Beschleunigung geschieht.

Als Verschlussstücke für die Ventilations-Oeffnungen empfehlen sich im Allgemeinen die Jalousien weniger als die Schubert. Letztere sind in der Construction einfacher und sind auch weniger gebrechlich.

Allerdings concentrirt sich der abziehende Luftstrom bei tiefer Aussentemperatur, weil bei der in diesem Falle erhöhten Zugkraft des Schlauches, der Schubert nur wenig geöffnet werden darf, wogegen die Jalousien bei mehr oder weniger Oeffnung stets eine Vertheilung der Luftströmung auf den ganzen Querschnitt der Jalousie hervorbringen.

Doch zeigten die näheren Untersuchungen, dass die grössere Geschwindigkeit des concentrirten Luftabzuges nur in unmittelbarer Nähe des Schubers wirksam ist, aber in weiterer Entfernung rasch abnimmt, so dass z. B. in dem Abstände der Schulbänke, nämlich circa  $40^{\text{cm}}$  von der Wand, keine Luftbewegung mehr fühlbar ist.

Die einer zweimaligen Lüftererneuerung per Stunde entsprechende Schubertstellung richtet sich nach der Aussentemperatur, nach der Grösse des Locales, nach der Stockwerkshöhe und anderen örtlichen Verhältnissen, und endlich nach der Normaltemperatur, auf welche die Beheizung stattfinden soll, und die für Schulen mit  $14^{\circ}\text{R.} = \text{circa } 17 \text{ bis } 18^{\circ}\text{C.}$  angenommen wird.

Die Schubertstellungen müssen daher im Laufe einer Heizperiode bei verschiedenen Aussentemperaturen, ein- für allemal mit Hilfe eines Anemometers ausgemittelt und nach Art einer Scala markirt werden.

Diese Schubertstellungen differiren aber für die verschiedenen Stockwerkshöhen nicht bedeutend, und als Mittelresultat für Lehrzimmer von  $220 \text{ bis } 250^{\text{m}}$  Rauminhalt habe ich bei circa  $50^{\text{cm}}$  hoher Schieberöffnung mit Hilfe von Anemometer-Messungen folgende Zahlen erhalten:

Aussentemperatur	Oeffnungsweite
— $10^{\circ}$ . . . . .	$8.8^{\text{cm}}$
— $5^{\circ}$ . . . . .	$10.0^{\text{cm}}$
0° . . . . .	$11.8^{\text{cm}}$
+ $5^{\circ}$ . . . . .	$14.8^{\text{cm}}$
+ $10^{\circ}$ . . . . .	$22.5^{\text{cm}}$

Diese Zahlen gelten für den I. und II. Stock. Für das Parterre hat sich um circa  $7\%$  mehr, und für den III. Stock um circa  $7\%$  weniger ergeben.

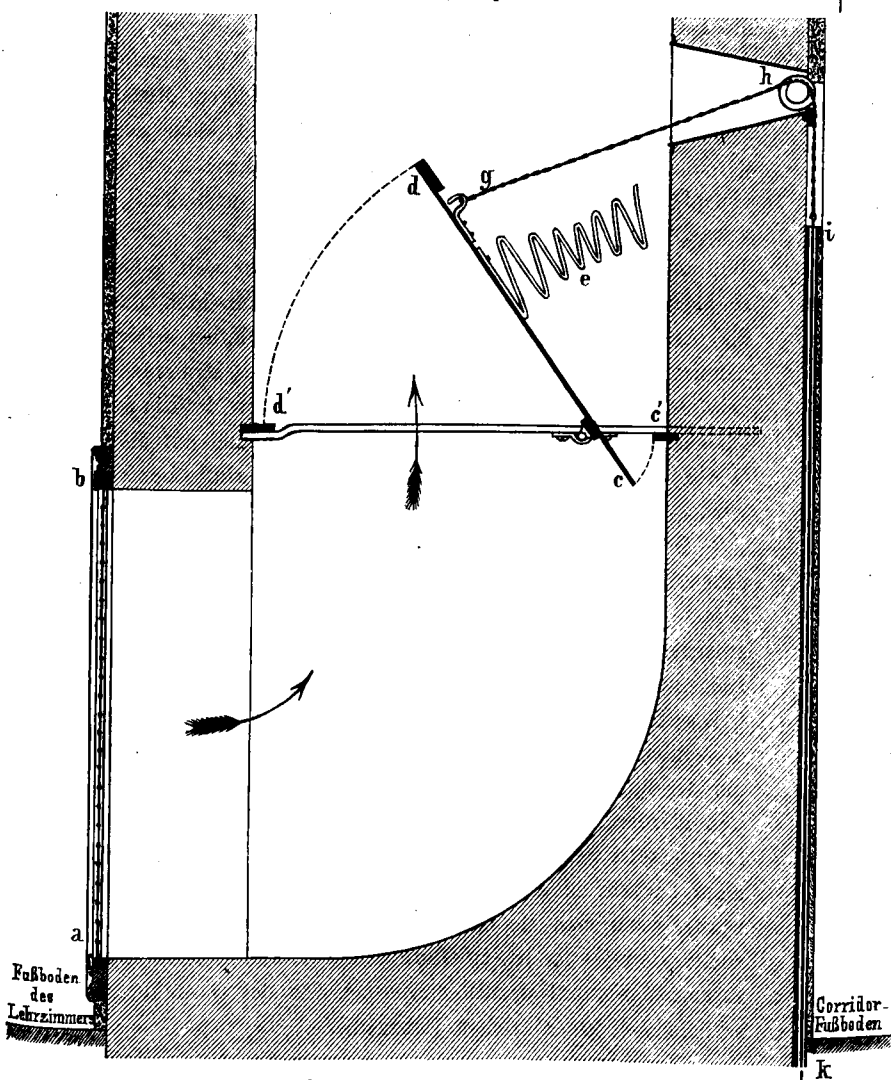
Die Fig. 1 stellt einen solchen Schubert dar. Die Rahme ist aus Gusseisen, und der Schubert  $a$  aus Eisenblech. Vor demselben und rückwärts an der Mauer sind die Schutzbleche  $b$  und  $c$  angebracht. Die Oeffnung ist durch ein Drahtgitter  $d$  gegen das Einwerfen von Gegenständen in den Schlauch gesichert. Der Knopf  $e$  dient zum Anfassen, wenn der Schubert  $a$  bewegt werden soll. Die Figur zeigt letzteren vollständig zurückgeschoben, und somit die Oeffnung  $d$  vollkommen frei. Für den Fall, dass sich in der Schubertführung Staub sammelt oder irgend ein Gegenstand





nicht in der Lage, vom Lehrzimmer aus störend in die Ventilation eingreifen zu können, weil ihm die Klappe nicht zugänglich ist.

Figur 2.



heizungen, sowie anderweitige Systeme oder Ofenheizungen bedingen mit Rücksicht auf ihre vorgesehene geringere Heizkraft ein Geschlossenhalten der Ventilationen in der Zeit des Anheizens, und wird daher bei diesen Anlagen die Ventilation erst mit dem Unterrichtsbeginn in Thätigkeit versetzt. Nachmittag werden die Ventilationen wieder mit dem Unterrichtsbeginn geöffnet, und eine Stunde nach Beendigung desselben geschlossen.

Nimmt man mit der freiwilligen Ventilation eine nahe dreimalige Lüfterneuerung per Stunde an, und eine tägliche Unterrichtsdauer von 4 Stunden, so ergibt sich nach obiger Norm im Minimum eine  $8\frac{1}{2}$  stündige Ventilationsdauer mit einer circa 27maligen Lüfterneuerung aller Schulräume.

Der in der übrigen Tages- und Nachtzeit noch fortwirkenden freiwilligen Ventilation kommt noch der Umstand zu statten, dass die Schubler nicht luftdicht schliessen, daher ein permanenter, wenn auch nicht bedeutender Luftwechsel fortwirkt.

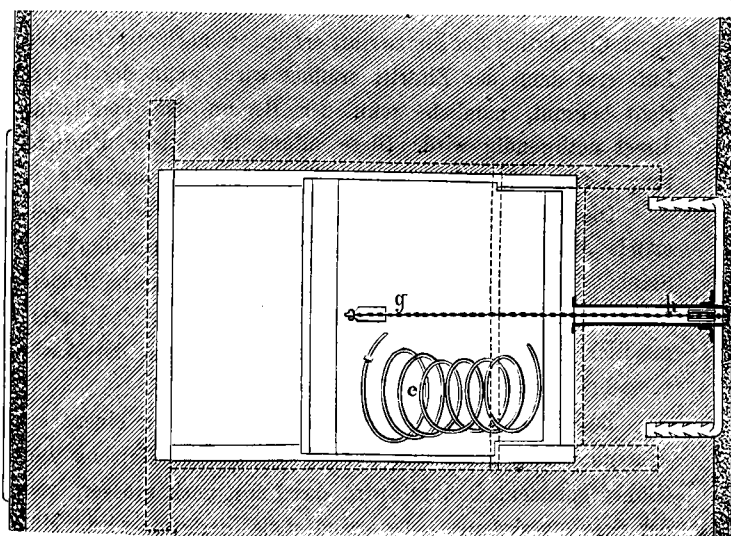
Es ist übrigens Jedermann auffallend, welcher die solcherart ventilirten Schulzimmer betritt, dass alsbald nach dem Unterrichte und Entfernung der Schüler keine Spur davon durch die Geruchsorgane wahrzunehmen ist, dass darin vor Kurzem eine so grosse Zahl von Athmungsorganen thätig war, und man ist genöthigt, sich zu erkundigen, ob in diesem oder jenem Locale auch wirklich Unterricht gehalten worden sei, wenn man sicher sein will, nicht vielleicht ein benütztes Lehrzimmer für ein solches zu halten, welches ausser Benützung war.

### III. Ofenheizung.

Die Wahl von Zimmeröfen für Beheizung der Locale in Unterrichts-Anstalten ist bei der heutzutage erreichten Vollkommenheit der Centralheizungen nicht mehr hinreichend zu motiviren; es sei denn, dass eine allzugrosse Beschränktheit der zu Gebote stehenden Mittel die Mehrauslagen einer Centralheizung nicht gestattet, oder dass vielleicht locale Schwierigkeiten oder Verhältnisse specieller Natur es erfordern, zum Nothauskunftsmittel einer Ofenheizung greifen zu müssen.

Die zahlreichen Unzukömmlichkeiten einer Ofenheizung werde ich nun punctweise aufzählen.

- a) Durch die Oefen geht an benützbarem Platze verloren, wodurch eine Entwerthung des Schulgebäudes verursacht wird. Diese Entwerthung ist nicht zu unterschätzen, wie ich in dem nachfolgenden Beispiele zeigen werde. Ich habe nämlich soeben im I. Bezirk in der Bartensteingasse, rückwärts des Parlamentsgebäudes, eine Doppelschule mit 22 Lehrzimmern im Bau, mit einer Fassungszahl für 1444 Kinder. Der ganze Bau, inclusive Erwerbung des Bauplatzes, kommt der Commune auf fl. 185.300 zu stehen. Auf je einen Schüler entfällt daher die Quote von fl. 128.32, wovon die  $5\frac{1}{2}\%$  igen Interessen per fl. 6.42 einer jährlichen permanenten Auslage verglichen werden können.



Sobald bei meinen neuartigen Luftheizungen mit dem Heizen begonnen wird, d. i.  $2\frac{1}{2}$  bis 3 Stunden vor Anfang des Unterrichtes, werden auch alle Ventilationen geöffnet und erst eine Stunde nach Schluss des Unterrichtes werden dieselben wieder geschlossen. Die auf Circulation eingerichteten alten Luft-

Die jährlichen Kosten des Lehrpersonales, der Hausbesorgung und der Heizung inclusive Brennmaterial, sowie anderer diverser Auslagen, werden fl. 12.000 betragen, und repartiren sich daher auf je einen Schüler mit fl. 8·31. Im Ganzen stellt sich daher die Jahresquote per Schüler auf fl. 14·73. Nun gingen bei Herstellung von Zimmeröfen, selbst wenn die Zimmer der höhern Classen, die sich nicht immer füllen, nicht einbezogen werden, immer noch 42 Plätze, mithin 42mal fl. 14·73, d. i. fl. 618·66 jährlich verloren, was einem Capitalsverlust von rund fl. 12.000 äquivalent.

- b) An eine präzise Bedienung der grossen Zahl von Oefen, wie solche in einer grösseren Lehranstalt vorkommen, ist nicht zu denken. Denn schon der Umstand, dass jeder Ofen seine Eigenthümlichkeiten in Bezug der Wärme-Ergiebigkeit, Ventilations-Fähigkeit und des Schornsteinzuges zeigt, welche Eigenthümlichkeiten überdies auch nach den Witterungsverhältnissen, namentlich nach den Windrichtungen variiren, macht es dem Heizer unmöglich, gleichzeitig die Erwärmung aller Localitäten zuwege bringen zu können. Daher haben die Lehrzimmer bei Beginn der Unterrichtsstunden immer verschiedene Temperaturen.
- c) Während des Unterrichtes werden die Oefen gewöhnlich sich selbst überlassen, weil es dem Heizer in dieser Zeit nicht gestattet werden kann, in den Lehrzimmern nachzusehen, ob die richtige Temperatur vorhanden sei, oder an den Oefen Regulirungen vorzunehmen. Die Herstellung einer Heizung von Aussen entfällt aber zumeist, weil je nach der räumlichen Eintheilung die Ausmündung der Heizhalse nach dem Corridor häufig nicht ausführbar ist. Sind übrigens solche ausführbar, so kann man immerhin durch Thermometer-Einrichtungen, die mittelst Einblick-Oeffnungen das Ablesen vom Gange aus gestatten, es dem Heizer ermöglichen, sich von den Temperaturen zu überzeugen, ohne die betreffenden Lehrzimmer betreten zu müssen; so dass er dann die Ofenheizungen gänzlich von Aussen, und zufriedenstellend besorgen kann.

Von dem Lehrer kann es nicht verlangt werden, seine Aufmerksamkeit auf die stete Regulirung des Ofens während der Unterrichtszeit zu richten. Und so bleibt denn der einmal in Gluth und Flammen gesetzte Ofen, und mit ihm die das Lehrzimmer füllenden Schüler, allen auf die Temperatur-Erzeugung einwirkenden Zufälligkeiten bis zu Ende der Unterrichtsstunden preisgegeben, insofern nicht die Heizung von Aussen und mit vorbesagter Thermometer-Construction eingerichtet ist.

Die Erfahrung lehrt, dass vorgedachte Zufälligkeiten oft sehr unangenehm werden können, indem sie sich theils in zu hoher oder zu niederer Temperatur der Zimmerluft, oder in theilweiser Versagung der Ventilation, Rauchzurückschlagen in die Zimmer, etc., kund geben.

- d) Als besonderer Punct muss hier erwähnt werden, dass die Oefen, wenn auch, z. B. bei unvermuthetem Steigen der Aussentemperatur, oder wohl gar bei Sonnenschein, der wie bekannt auch im Winter durch geschlossene Fenster eine grosse erwärmende Kraft besitzt, der Lehrer abhelfen wollte, es nicht immer befriedigend möglich wäre, weil die Gluthmasse des Ofens nicht augenblicklich unwirksam gemacht werden kann.

- e) Eine weitere Belästigung entsteht durch die strahlende Wärme, für die in der Nähe des Ofens sitzenden Schüler. Dieselbe wird allerdings durch doppelte Mäntel, deren Zwischenraum dem Luftdurchzuge dient, gemindert, aber nicht behoben.

Wollte man die belästigende Wärmestrahlung gänzlich beheben, so müsste man auch noch zu anderen Mitteln schreiten. Man könnte etwa die betreffenden Sitzplätze noch durch einen besonderen Schirm schützen, wodurch aber die ohnedies schon empfindliche Platzverstellung noch lästiger würde.

- f) Will man mit der Grösse der Oefen nicht sehr weit gehen, so bleibt nichts übrig, als dieselben so einzurichten, dass die Anheizung der Lehrzimmer durch Circulation erfolge, nämlich dadurch, dass die Heizflächen der Oefen innerhalb des Mantels bei Beginn der Heizung von der circulirenden Zimmerluft bestrichen werden und auf diese Weise die allmähige Erwärmung der Zimmerluft bewirkt werde.

Denn um die Anheizung durch Ventilation, nämlich bloss durch Zufuhr von äusserer kalter Luft zu bewirken, welcher letztere an dem Ofen sich erwärmt, indem sie den Raum zwischen Ofen und Mantel durchzieht, würde eine grössere momentane Wärme-Ergiebigkeit des Ofens erfordert werden, weil gleichzeitig ein beständiges Abziehen derselben Quantität der schon theilweise erwärmten Zimmerluft stattfinden müsste, um der eindringenden frischen Luft Platz zu machen, und weil hierdurch Wärmeverluste entstehen, die durch den Ofen rasch ersetzt werden müssen, damit sich die Anheizungsdauer nicht zu sehr in die Länge zieht. Für eine solche Leistung würde, wenn man sie mit einem zu kleinen Ofen erzielen wollte, derselbe forcirt, in Gluth gebracht, und in kurzer Zeit zusammengebrannt werden, abgesehen von der Gesundheits-schädlichkeit einer solchen Heizmethode.

Man hat daher, so viel mir bekannt ist, die Schulöfen zumeist so eingerichtet, dass die Erwärmung des Locales durch Circulation der Zimmerluft erfolge, wonach der frischen Luft erst dann der Eintritt eröffnet wird, wenn der Unterricht beginnt, nämlich wenn der Beginn der Ventilation direct nothwendig wird. Diese allgemein übliche Einrichtung setzen wir daher in dem Nachfolgenden voraus.

Die Circulations-Anheizung bringt wesentliche Uebelstände mit sich. Denn mit der Zimmerluft circulirt auch der Staub, der in den Schulzimmern nur zu häufig im Ueberflusse vorhanden ist, und zwar umsomehr, als der unvermeidliche Staub noch durch den der Kohle und der Asche vermehrt wird.

Zudem erlangen die Heizflächen der Oefen einen bedeutenden Hitzegrad, und können bei starker Heizung zum Glühen kommen. Dadurch wird das Uebel noch grösser, weil der Staub verbrennt, oder mindestens geröstet wird. Man nimmt daher häufig nach erfolgter Erwärmung der Zimmer einen üblen Geruch wahr.

- g) Durch die Staub-Circulation, sowie nicht minder durch den Kohlentransport nach den Lehrzimmern, der etwa 600 Zoll-Centner Kohle per Heizperiode beträgt, und den Rücktransport von circa 50 Zoll-Centner Asche, werden nicht bloss die Lehrzimmer, sondern auch Stiegen und Gänge verunreinigt.



- h) In Bezug auf Schulhygiene sind daher die Zimmeröfen nicht empfehlenswerth.

Nicht nur dass die Temperaturs-Ungleichheiten und die belästigend auftretende Wärmestrahlung der Gesundheit nachträglich sind, so wird die Zimmerluft noch durch die circulirenden, und theilweise verbrannten Staubmassen verschlechtert. Hierzu kommt noch das häufige Undichtwerden der Oefen, und in Folge dessen das Rauchaussströmen, wovon die in der Nähe der Oefen verrussten Flecken der Zimmerwände Zeugniß geben.

Ob die gusseisernen Ofenwandungen, wenn sie glühend werden, für Kohlenoxyd-Gas durchlässig seien, und in welchem Grade, scheint noch nicht hinreichend festgestellt zu sein.

Aber wenn selbst eine solche Durchlässigkeit nur in einem nicht beachtenswerthen geringen Grade stattfände, so ist doch die Staubverbrennung an sich schon gesundheitsschädlich.

- i) Aus dem bisher Gesagten erhellt wohl von selbst, dass mit Zimmeröfen nie eine so günstige Brennmaterial-Oekonomie zu erreichen sein wird, wie mit gut construirten Central-Heizungen.

Schon der Umstand, dass nicht, wie vielleicht in einer Privatwohnung, der Behandlung jedes einzelnen Ofens eine permanente Aufmerksamkeit zugewendet werden kann, führt zu Unregelmässigkeiten. Es wird nämlich, wie schon erwähnt wurde, je nach localen Einflüssen, die Zimmer-Temperatur bald zu niedrig sein, und bald wider zu hoch steigen. Wird aber in einer Schule streng darauf gesehen, dass unter allen Umständen die Temperatur der Zimmer nicht unter ein gewisses Normalmaass sinke, so wird der Heizer in die Nothwendigkeit versetzt, eher ein Uebriges thun zu müssen, und die unvermeidlichen Unregelmässigkeiten werden dann blos in zu hoher Temperatur einzelner Locale bestehen, wodurch Brennmaterial-Verluste unvermeidlich entstehen.

Die Schlotte der einzelnen Oefen haben je nach den Stockwerken verschiedene Höhen, daher auch ihre Zugkraft keine gleiche sein kann. Eine geringere Zugkraft muss aber durch eine höhere Temperatur der in den Schornstein abziehenden Verbrennungsgase unterstützt werden, wodurch abermals ein Brennmaterial-Verlust entsteht.

Wollte man den verschiedenen Schlotthöhen und anderen localen, auf die Zugkraft einwirkenden Umständen Rechnung tragen, so müsste man jeden Ofen, hinsichtlich der zulässigen Wärmearbeit, zu einem besonderen Studien-Objecte machen, und daran ist in der Praxis wohl nicht zu denken. Anders verhält es sich mit den Centralheizungen, indem diese je nach dem Systeme blos einen, oder höchstens fünf Schlotte für die Feuerungen in einer grösseren Schule benöthigen.

Die Schlotte haben hiebei nicht nur eine annähernd gleiche, sondern auch eine bedeutende Zugkraft, weil die Feuerstellen sich im Keller befinden und daher alle Schlotte durch die gesammte Haushöhe gehen.

Für solche Central-Anlagen können daher die Heiz-Apparate, bezüglich der Wärmearbeit, für eine Brennmaterial-Oekonomie construiert werden, die bei Einrichtung einer Ofenheizung nicht zu erreichen ist.

Auch ist nicht zu übersehen, dass concentrirte offene Feuer, unbeschadet einer guten Verbrennung, die Verwendung eines minder guten Materiales, namentlich aber die Verwendung des kleinen Abfalles, oder selbst des Kohlenstaubes vertragen.

Die Füllöfen sollen aber nur mit verkleinerter Kohle beschickt werden, um in der Füllung einen entsprechenden Zug zu erhalten. Kleiner Kohlengries würde die Zwischenräume verstopfen, und das Aufschütten von Kohlenstaub bringt sogar die Gefahr von Explosionen mit sich.

- k) Die Bedienung der zahlreichen Oefen einer grösseren Schule ist eine mühselige und undankbare Arbeit, weil auch bei aller Sorgfalt kein vollkommenes Resultat zu erzielen ist.

Das sorgfältige Verkleinern des Materiales und Aufziehen in alle Stockwerke, oder wohl gar das Hinauftragen, wenn kein Kohlenaufzug vorhanden ist; ferner das Austragen in alle Localitäten, und der Rücktransport der Asche; endlich das Ausräumen des Ofens und Füllen mit neuem Materiale ist an und für sich schon eine ermüdende Leistung.

Nunmehr das möglichst gleichzeitige Anheizen aller Oefen, von denen einige wieder verlöschen und wiederholt angezündet werden müssen, und das Ueberwachen der Zimmerwärmung, mithin ein fortwährendes Nachsehen in allen Localen des zumeist dreistöckigen Gebäudes, vor Beginn des Unterrichtes und in den Zwischenstunden.

Diese Leistung des Anheizens kann häufig von einem einzelnen Individuum nicht bewältigt werden, daher der Hausaufseher, welcher zugleich das Heizgeschäft zu besorgen hat, hierbei noch Jemanden aus seiner Familie oder seine Dienstmagd zu Hilfe nehmen muss.

Es ist aber eine bekannte Sache, dass geduldprüfende Arbeiten in der Regel nur dann mit bleibendem Eifer verrichtet werden, wenn dabei ein entsprechender Erfolg zu erreichen ist.

Die betreffenden Heizer gelangen daher allmählig zu einer Gleichgültigkeit, wie man sie bei Individuen, die Centralheizungen zu bedienen haben, nicht antreffen wird.

- l) Wenn man alle Kosten, welche die Heiz- und Ventilations-Einrichtung erfordert, zusammenfasst, nämlich: die Auslagen für Luftkammern im Kellergeschosse, für die hiervon abzweigenden Mauerschläuche, für Zufuhr der frischen Luft und den Abzug der verdorbenen, welche letztere bis über das Dach hinauszuführen sind; ferner die Herstellungskosten aller Verschlusschuber für die Ein- und Ausströmöffnungen der Luft, inclusive der Verschlussstücke für eine in den Fensterparapeten einzurichtende Sommer-Ventilation; endlich die Auslagen für Herstellung aller mit ergiebigen Heizflächen versehenen Oefen in den Lehrzimmern, Zeichensälen, im Turnsaal und Garderobezimmer und die Kosten eines Kohlenaufzuges; so beträgt die Gesamtsumme für eine grössere Knaben- und Mädchenschule (Doppelschule) 9800 fl. bis 11.000 fl. \*).

\*) In derlei Gebäuden kann daher ohne einer Adaptirung auch eine Central-Luftheizung hergestellt werden. Es bedarf hierzu blos der Aufstellung der Calorifères und Beseitigung der Oefen. Hält man sich aber diese Möglichkeit nicht vor Augen, so lässt sich die Ofen-Heizanlage entsprechend billiger herstellen.

Hierbei ist eine Herstellung der Luftkammern und Mauerschläuche wie bei Central-Luftheizungen, und eine Grösse der Schule gedacht, welche 22 Lehrzimmer, zwei Zeichensäle, einen Turnsaal und ein Garderobezimmer umfasst.

Dieselbe Grösse wird auch in den nachfolgenden für andere Heizsysteme angeführten Anlagekosten angenommen, um eine Basis für die Vergleichung zu haben.

Ein Turnsaal sammt Garderobe kann der dreifachen und ein Zeichensaal der ein- und einhalbfachen Grösse eines Lehrzimmers gleichgesetzt werden. Die obige Schule enthält daher zusammen 28 Lehrzimmergrössen.

Somit entfällt per Lehrzimmergrösse die Kostenquote von 350 fl. bis 393 fl.

Diese Kostenverschiedenheit beruht namentlich auf der Eigenthümlichkeit der baulichen Anlage, welche der ökonomischen Anordnung der Luftkammern, der Mauerwerksverstärkungen für die Luftschläuche und des über dem Dachboden aufzuführenden Schlauchmauerwerkes, bald mehr, bald weniger günstig sein kann.

Rechnet man zu diesen directen Kosten der Ofenheizung noch die indirecten, nämlich den ad a) berechneten Werthverlust der Schule, in Folge Entgang von Schülerplätzen, und der die Summe von max. 12.000 fl. erreichen kann, so müssen strenge genommen für ungünstige Fälle die Kosten einer (sehr vollkommenen) Ofenheizung mit 21.800 fl. bis 23.000 fl. zum Zwecke der Vergleichung mit Centralheizungen angesetzt werden; daher dieses Heizsystem für Schulen, bei richtigem Lichte betrachtet, sich als ein kostspieliges offenbart.

Welcher Theil der angeführten Mängel entfällt, oder gemindert wird, wenn Oefen hergestellt werden können, die von den Gängen aus heizbar sind, bei gleichzeitiger Anbringung von Zimmer-Thermometern, die, wie schon erwähnt, von Aussen ablesbar sind; und wenn überdies die Oefen blos für Ventilations-Heizung eingerichtet werden, geht aus den Erörterungen von selbst hervor.

Die Zimmeröfen mögen immerhin mit Recht dort am Platze sein und bleiben, wo es sich nur um Einzelheizungen handelt, und wo eine specielle Sorgfalt der Bedienung jedes einzelnen Ofens vorausgesetzt werden kann. In solchen Fällen werden wohl immer eigenthümliche Vorzüge des Ofen-Heizsystems in Geltung bleiben.

Aber dort, wo es sich um Massenheizungen handelt, wie z. B. in Unterrichtsanstalten, ist eine Heizanlage mit Zimmeröfen, wie aus dem Gesagten hervorgeht, offenbar mit grossen Unzukömmlichkeiten verbunden; und ich bin überzeugt, dass diese primitive Art der Schulbeheizung auch allmählig verschwinden wird; denn die Pflege der Schulhygiene wird es nicht dabei bewenden lassen, sich gegen ein Schul-Heizsystem neutral zu verhalten, welches so bedeutende sanitäre und technische Mängel aufweist und bei richtiger Calculation sich dazu noch als ein kostspieliges Heizsystem herausstellt.

(Schluss folgt.)

(Die Tafeln 26 bis 30 folgen im nächsten Hefte.)

## Theorie des Injectors.

Von

**Emil Hermann,**  
Professor in Schemnitz.

Es scheint mir nicht überflüssig, sich mit der Theorie der Dampfstrahlpumpen zu befassen, denn eine befriedigende Theorie derselben gibt es eigentlich noch nicht, obwohl Herr Dr. Zeuner in seinen Grundzügen der Wärmetheorie, Seite 395, die unfehlbar richtige Wärme Gleichung (323) schon längst aufgestellt hat. Mangelhaft sind nur die Behandlungen der dynamischen Zustände und selbst die Formeln, welche Herr Dr. Grashof im Anhang zu Redtenbacher's Resultate für den Maschinenbau gibt, stimmen nicht mit den Versuchen von Villiers („Civil-Ingenieur“, VI\*, 315).

So z. B. gibt derselbe an, dass bei vier Atmosphären Kesselspannung und 3.1<sup>m</sup> Saughöhe das angesaugte Wassergewicht 14- bis 15mal so gross ist als das verbrauchte Dampf-gewicht, während nach der Tabelle Grashof's, S. 551, welche allerdings eine kleinere Saughöhe (1.75<sup>m</sup>) voraussetzt, dieses Verhältniss  $\frac{1}{0.0385} \doteq 26$  sein sollte.

Wenn aber die genaueste Theorie noch immer 75% von der Wirklichkeit abweicht, ist eine neuerliche Behandlung der Frage nicht unmotivirt.

Der Grund, weshalb die bisherigen Theorien nicht richtig sind und nicht richtig sein können, ist einfach darin zu suchen, dass man die Erscheinung des grössten Ausfluss-Quantums, resp. der kleinsten Spannung im Mundstücke nicht berücksichtigte.

Der vorliegenden Theorie liegt diese Erscheinung zu Grunde und ihre Richtigkeit ist ein neuer Beweis derselben.

### Bezeichnung:

- $M_1$  Kilogramm per Secunde anzusaugende Wassermenge;  
 $M$  Kilogramm Dampfverbrauch per Secunde.

Alle Spannungen sind in Kilogramm per Quadrat-Centimeter zu verstehen.

- $p_0$  die Spannung im Raume, welchem der Dampf entnommen wird;  
 $p_1$  eventuell  $p_2$  die Spannung in der Düsenmündung;  
 $p_2$  die Spannung im Condensations-Raume;  
 $p_3$  die Spannung im Raume, welcher gespeist wird, in der Regel ist  $p_3 = p_0$ , die grösste Spannung im Druckrohr ist wegen des zu hebenden Ventilgewichtes etwas grösser als  $p_3$ , wir wollen  $\xi p_3$  schreiben,  $\xi$  mag circa 1.05 betragen;  
 $p_4$  die Spannung im Raume, welchem das Speisewasser entnommen wird. In der Regel ist  $p_4 = 1.03$ ;  
 $+h$  die Druckhöhe,  $-h$  die Saughöhe des Speisewassers in Metern.

Alle Querschnitte sind in Quadrat-Meter zu verstehen.

- $f_0$  Querschnitt des Dampfzuleitungsrohres;  
 $f_1$  Querschnitt der Düse vor dem Condensations-Raume;  
 $f_2$  der kleinste Querschnitt des Druckrohres, zugleich die Mündung der Düse des Saugraumes;  
 $f_3$  die Fläche des Druckventiles;  
 $f_4$  der Querschnitt des Saugrohres.

Alle Grössen mit gleichem Index gehören zusammen. Geht man mit einer Spannung in meine Tabelle des gesättigten Wasserdampfes ein, so muss dieselbe vorher mit 10000 multiplicirt werden.

Der Kürze wegen schreibe ich:

$$\frac{p}{C(b+t)} = \omega; \quad \frac{p}{C(b+t)} - Ap = \rho;$$

$$\frac{p}{C(b+t)(a+t)} = \tau; \quad q = t + \omega \sigma.$$

$$E = \lg T + v\tau; \quad H = t + v\omega; \quad v\omega = (E - lT) T.$$

lg bedeutet den natürlichen, Log dagegen den gemeinen Logarithmus.

Alle sonst noch vorkommenden Buchstaben haben dieselbe Bedeutung wie in meiner vollständigen Theorie des gesättigten Wasserdampfes. (Vorliegende Zeitschrift 1875, S. 145.)

Insbesondere ist  $\sigma = 0.001^{kbn}$  das Volumen von 1<sup>kg</sup> Wasser.

#### Der Beharrungszustand.

Im Beharrungszustande stellt sich im Querschnitte  $f_1$  der Düse die Spannung  $p_1$  ein, und zwar hat man zwei Fälle zu unterscheiden, es kann nämlich  $p_2 < 0.577 p_0$  sein, dann ist  $p_1 = 0.577 p_0$ , oder es kann der seltene Fall eintreten, dass  $p_2 > 0.577 p_0$ , dann ist  $p_1 = p_2$ .

In der vollständigen Theorie habe ich  $\frac{p_1}{p_0}$  nicht constant 0.577 gefunden, sieht man aber von der Aenderung der vierten Decimale ab, so kann man mit Abrundung der dritten Ziffer obige constante Zahl benützen.

Laut Gleichung 19'), 20') und 21') der erwähnten Abhandlung ist

$$v_1 = \frac{E_0 - \lg T_1}{\tau_1} \dots \dots \dots 1),$$

$$w_1 = \sqrt{\frac{2g}{A} (H_0 - H)}; \quad \text{Log } \frac{2g}{A} = 1.959765 \dots 2),$$

$$M = \frac{f_1 w_1}{v_1} \dots \dots \dots 3).$$

Für den zweiten erwähnten Fall, dass  $p_2 > 0.577 p_0$ , ist statt des Index 1 der Index 2 zu benützen.

Wie man sieht, gehe ich thatsächlich von der Voraussetzung aus, dass trotz der kleineren Spannung  $p_2$ , welche im Saugraume herrscht, der Dampf doch nur mit der, der grösseren Spannung  $p_1 = 0.577 p_0$  entsprechenden Geschwindigkeit in die Mündung  $f_1$  eintritt.

Im Saugraume vereinigt sich das Gewicht  $M$  mit dem angesaugten Gewichte  $M_1$ , und muss, nach den Lehren der Mechanik, die Bewegungsgrösse der Summe gleich sein der Summe der Bewegungsgrössen.

Um einerseits sicher zu rechnen, andererseits die Rechnung nicht zu sehr zu verwickeln, vernachlässige ich die unbedeutende Bewegungsgrösse des angesaugten Wassers und setze die gemeinschaftliche Geschwindigkeit, mit welcher das Gemisch den Saugraum verlässt:

$$w_2 = \frac{M w_1}{M + M_1} \dots \dots \dots 4).$$

Das spezifische Volumen der Mischung unterscheidet sich nicht wesentlich von jenem des Wassers, weil bei jedem correct arbeitenden Apparate, insbesondere bei jenem mit mehreren Düsen (wie der Friedmann'sche Injector), aller Dampf condensirt wird, demnach ist  $v_2 = \sigma = 0.001$  zu setzen.

Weil die ganze Masse  $(M + M_1)$  den kleinsten Querschnitt  $f_2$  mit der Geschwindigkeit  $w_2$  durchströmt, muss:

$$f_2 w_2 = \sigma (M + M_1),$$

oder

$$f_2 = \frac{\sigma (M + M_1)}{w_2}$$

sein.

Mit Rücksicht auf Gleichung 4) erhält man:

$$f_2 = \frac{\sigma (M + M_1)^2}{M w_1}.$$

Für gewöhnlich ist es zweckmässiger, nicht den absoluten Werth von  $f_2$ , sondern das Verhältniss  $\frac{f_2}{f_1}$  zu bestimmen; man erhält mit Rücksicht auf die Gleichung 3):

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{\sigma \left(1 + \frac{M_1}{M}\right)^2}{v_1} \dots \dots \dots 5).$$

Die Vorgänge im Druckrohre sind äusserst einfach, es muss die Geschwindigkeitshöhe in Pressung umgesetzt werden, weshalb der Querschnitt gegen den zu speisenden Raum allmähig grösser werden muss. Da die ganze, im Druckrohre vorhandene Masse, Wasser ist, können wir die bekannte Gleichung der Hydraulik, wonach die Summe der Pressung und Geschwindigkeitshöhe constant sein muss, anwenden:

$$10000 \sigma p_2 + \frac{w_2^2}{2g} = 10000 \sigma p_3 + \frac{w_3^2}{2g}.$$

Ferner muss:

$$w_3 f_3 = w_2 f_2$$

sein, und folgt aus den zwei letzten Gleichungen:

$$w_2 = \sqrt{\frac{20g (\xi p_3 - p_2)}{1 - \left(\frac{f_2}{f_3}\right)^2}} \dots \dots \dots 6).$$

Durch Gleichsetzung von 4) und 6) erhält man das Verhältniss:

$$\frac{M_1}{M} = w_1 \sqrt{\frac{1 - \left(\frac{f_2}{f_3}\right)^2}{20g (\xi p_3 - p_2)}} - 1 \dots \dots 7).$$

In der Regel ist  $\frac{f_2}{f_3}$  circa  $\frac{1}{20}$ , und kann dessen Quadrat neben der Einheit vernachlässigt werden, dann ergibt sich einfacher:

$$\frac{M_1}{M} = \frac{w_1}{\sqrt{20g (\xi p_3 - p_2)}} - 1 \dots \dots 8),$$

oder

$$\frac{M}{M_1} = \frac{1}{\frac{w_1}{\sqrt{20g (\xi p_3 - p_2)}} - 1} \dots \dots 9).$$

Falls wegen der Vernachlässigungen das Verhältniss  $\frac{M_1}{M}$  durch Multiplication mit einem Coefficienten  $\xi_1$  etwas corrigirt werden müsste, bekämen die letzten Gleichungen die Form:

$$\frac{M_1}{M} = \frac{\xi_1 w_1}{\sqrt{20g(\xi p_s - p_2)}} - 1 \quad 8')$$

und

$$\frac{M}{M_1} = \frac{1}{\frac{\xi_1 w_1}{\sqrt{20g(\xi p_s - p_2)}} - 1} \quad 9')$$

Es erübrigt noch die Bestimmung von  $p_2$ , d. i. der Spannung im Condensationsraume, um mittelst der obigen Gleichungen das Verhältniss  $\frac{M_1}{M}$  für jeden gegebenen Fall berechnen zu können.

Die Depression  $p_s - p_2$  muss die Saughöhe überwinden und ausserdem dem Wasser die Geschwindigkeit

$$w_s = \frac{M_1 \sigma}{f_s} \quad 10)$$

ertheilen, es muss demnach, je nachdem  $h$  positiv oder negativ ist

$$10000 \sigma (p_s - p_2) = \mp h + \frac{w_s^2}{2g}$$

sein, oder

$$p_2 = p_s \pm 0.1 h - \frac{w_s^2}{20g} \quad 11).$$

Uebrigens kann man  $\frac{w_s^2}{20g}$  auch fortlassen und die Druckhöhe oder Saughöhe etwas corrigiren.

Ist  $h$  eine Saughöhe, so kann man nehmen:

$$p_2 = p_s - 0.102 h \quad 11')$$

für eine Druckhöhe dagegen ist:

$$p_2 = p_s + 0.098 h \quad 11'')$$

genügend genau.

Die vorstehenden Gleichungen gestatten nun schon allerdings die Berechnung der Dimensionen eines Injectors von bestimmter Leistung, allein sie geben über die Grenzen der Wirksamkeit des Apparates keinen Aufschluss, diesen erhält man erst durch die Wärmegleichung.

Da die hier gebrauchte Bezeichnung von derjenigen, welche Dr. Zeuner benützt, abweicht, will ich deren Ableitung, des besseren Zusammenhanges wegen, kurz wiedergeben.

Der ausströmende Dampf expandirt adiabatisch, demnach erfährt dessen, von ruhenden, nullgradigem Wasser gerechneter Wärmeinhalte keine Aenderung, sondern bleibt nach wie vor

$$H_0 M.$$

Das angesaugte Wasser bringt die Wärme

$$M_1 q_s,$$

und die lebendige Kraft

$$\frac{M_1 w_s^2}{2g}$$

mit sich. Weil aber  $p_2 = p_s - 0.1 h - \frac{w_s^2}{20g}$  ist, kann man die lebendige Kraft durch

$$M_1 (10 p_s - 10 p_2 - h)$$

ersetzen; deren Wärmewerth ist demnach

$$A M_1 (10 p_s - 10 p_2 - h).$$

Die ganze im Gemische  $M + M_1$  enthaltene Wärme ist somit

$$M H_0 + M_1 (q_s - A [10 p_s - 10 p_2 - h]).$$

Dieselbe erzeugt die Temperatur  $t_2$  des Gemisches, wozu

$$(M + M_1) q_2$$

Calorien nöthig sind, und die lebendige Kraft

$$(M + M_1) \frac{w_2^2}{2g},$$

deren Wärme-Aequivalent

$$A (M + M_1) \frac{w_2^2}{2g}$$

ist.

Weil eine sonstige Wärmeableitung (abgesehen von der unbedeutenden Strahlung) nicht stattfindet, muss die eine Wärmemenge der andern gleich sein, d. h. es ist

$$\begin{aligned} M H_0 + M_1 (q_s + A [10 p_s - 10 p_2 - h]) &= \\ &= (M + M_1) \left( q_2 + \frac{A w_2^2}{2g} \right). \end{aligned}$$

Die Flüssigkeitswärme des Gewichtes  $(M + M_1)$  ergibt sich nun mit Berücksichtigung der Gleichung 4):

$$\begin{aligned} H_0 + \frac{M_1}{M} (q_s + A [10 p_s - 10 p_2 - h]) - \frac{A}{2g} \frac{w_2^2}{1 + \frac{M_1}{M}} \\ q_2 = \frac{\quad}{1 + \frac{M_1}{M}} \quad 12). \end{aligned}$$

Der Apparat kann nur dann im Gange bleiben, wenn  $q_2$  kleiner ist als die Flüssigkeitswärme, welche zur Spannung

$$p_2 = p_s - 0.1 h - \frac{w_s^2}{20g}$$

gehört; ist  $q_2$  grösser als diese, so kann der Apparat kein Wasser saugen, weil sich dann im Condensationsraume (wie in einer Torricellischen Röhre) die der höheren Temperatur entsprechende grössere Spannung einstellt und die Depression nicht hinreicht, die Saughöhe und Geschwindigkeitshöhe zu überwinden.

In Wirklichkeit sind alle mit den Factor  $A$  behafteten Glieder so klein, dass sie ohne merklichen Fehler weggelassen werden können; auch unterscheidet sich die Flüssigkeitswärme bei niederen Temperaturen von der Temperatur in nur sehr geringem Grade, weshalb einfach

$$(\lim t_s)_{\max} = \frac{H_0 + \frac{M_1}{M} t_s}{1 + \frac{M_1}{M}} \quad 12')$$

als Grenze der Temperatur des Gemisches betrachtet werden kann.

Sucht man zu  $t_2$  nach der Tabelle die Spannung  $p_2$ , so ergibt sich die Grenze der Saughöhe

$$\lim (h_{\max}) = \frac{p_s - p_2}{0.102}.$$

Für eine gegebene Saughöhe  $h$  ist  $p_2$  auch gegeben, weshalb  $t_2$  als bekannt zu betrachten ist, da ein einfaches Eingehen in die Tabelle  $t_s$  liefert; nun kann man die höchste zulässige Temperatur  $t_s$  des Speisewassers bestimmen:

$$\lim (t_s)_{\max} = \frac{t_2 \left( 1 + \frac{M_1}{M} \right) - H_0}{\frac{M_1}{M}} = t_2 \left( 1 + \frac{M}{M_1} \right) - \frac{M}{M_1} H_0 \quad 13).$$

Selbstverständlich wird man  $t_s$  um einige Grade niedriger halten als die Formel gibt, damit im Condensationsraum desto sicherer eine solche Temperatur herrsche, bei welcher der Dampf nicht bestehen kann.

#### Prüfung der Theorie.

Trotz der ziemlich ausgebreiteten Literatur des fraglichen Gegenstandes und trotz der ziemlich häufigen Versuche, sind doch

nur jene von Villiers („Civil-Ingenieur“, VI\*, 315) zu einer Prüfung der Theorie geeignet.

In einem Falle wurden 850<sup>kg</sup> Wasser von 23,52° Temperatur 4<sup>m</sup> hoch gesaugt und war der Dampfverbrauch 57<sup>kg</sup> bei 4,25 Atmosphären Spannung und 3,5% Wassergehalt. Die grösste Spannung im Druckrohre wurde ebenfalls auf 4,25<sup>a</sup> reguliert, weshalb  $\zeta p_0 = 4,25^a$ .

Auf unsere Einheit reducirt ist

$$p_0 = p_s = 4,392^{kg}; t_0 = t_s = 146,29^\circ; H_0 = 632,63 \\ E_0 = 7,1985; t_1 = 127,26^\circ; E_0 - \lg T_1 = 1,2064 \\ H_1 = 610,12; \text{Log } w_1 = 2,63592; \text{Log } v_1 = 0,82136 - 1 \\ p_2 = 1,033 - 0,102 \times 4 = 0,625; p_s - p_2 = 3,767.$$

$$\text{Log } \sqrt{20 g (p_s - p_2)} = 1,43426 \text{ und } \frac{M_1}{M} = 14,910.$$

Der Versuch ergibt dagegen

$$\frac{M_1}{M} = \frac{850}{57} = 14,913.$$

Die Abweichung ist demnach 0,003 oder 0,2 pro Mille.

Die Gleichungen 8) und 9) bedürfen daher keiner Correctur. Dieses überraschende Resultat bestätigt demnach die Theorie vollkommen.

Untersucht man den Fall bezüglich dessen, ob die Saughöhe oder die Temperatur des Speisewassers ein Maximum ist, so zeigt sich, dass keines der Fall ist, denn man findet

$$(t_s)_{\max} = 50^\circ, h_{\max} = 7,65^m.$$

In einem anderen Falle war bei

$$p_0 = 4^a, t_s = 42^\circ, h_{\max} = 5^m,$$

bei

$$p_0 = 4,5^a, t_s = 41,75, h_{\max} = 5^m.$$

Rechnet man für  $p_0 = 4,25^a$  und  $t_s = 42^\circ$ , so findet man  $h_{\max} = 5,6^m$ , was mit dem Beobachteten sehr gut übereinstimmt, wenn man bedenkt, dass die berechneten Werthe Grenzen sind, welche natürlich nie erreicht werden können.

Die Temperatur  $t_s = 79,08$  entspricht sehr genau, denn bei  $p_0 = 4^a, t_s = 42, h = 5^m$  ward thatsächlich  $t_s = 80,00^\circ$  als Temperatur des ausgestossenen Wassers gemessen.

Nach diesen Resultaten muss man erwarten, dass auch die absolute Menge  $M_1$  sich ganz genau der gemessenen stellen werde.

Dem ist aber nicht so. Villiers gibt an, dass das per Secunde angesaugte Wasser  $M_1 = 0,9^{kg}$  betrug, weshalb

$$M_1 = 0,9 : 14,913 = 0,06035^{kg}.$$

Berechnet man nach Gleichung 3) den Querschnitt der Dampfdüse

$$f_1 = \frac{M v_1}{w_1},$$

so erhält man den Durchmesser

$$d_1 = 10,85^{mm},$$

während derselbe nach der Angabe 12<sup>mm</sup> gewesen sein soll.

Es sind drei Fälle möglich zur Erklärung dieses Unterschiedes:

1. Der Ausfluss-Coëfficient kann kleiner sein als die Einheit, dass also

$$M = \frac{\mu f_1 w_1}{v_1}$$

gesetzt werden muss. Hiergegen spricht der Umstand, dass die Querschnitte im Conus sich allmählig ändern und dass für einen solchen Fall nach Napier's Versuchen meine Formeln  $\mu = 1$  liefern.

2. Kann die Geschwindigkeit factisch kleiner sein als die berechnete. Hiergegen spricht der Umstand, dass  $\frac{M_1}{M}$  sich vollkommen genau ergibt.

3. Kann Villiers es unterlassen haben, den Durchmesser der Dampfdüse genau zu messen.

Dies ist das Wahrscheinlichste, weil es eine Demontage des Apparates nöthig machte, die Messung mit den gewöhnlichen Hilfsmitteln (Tasterzirkel und Maassstab) viel zu roh ist und weil ferner der Durchmesser nach der Nummer des Apparates bekannt zu sein schien.

Uebrigens kann die Frage immerhin als eine offene betrachtet werden, ohne dass deshalb der Richtigkeit meiner Theorie Abbruch geschehen würde. Die Vorsicht bei der Construction eines neuen Apparates gebietet ohnehin,  $f_1$  etwas grösser zu nehmen als sich nach der Rechnung ergibt. Man wird für alle Fälle sicher gehen, wenn man den Durchmesser der Düse um 10% grösser nimmt als jenen, welcher sich aus Gleichung 3) ergibt.

Der Querschnitt  $f_2$  des Auffangerohres ist eine wenig heikle Abmessung, man wird gut thun, das Verhältniss  $\frac{f_2}{f_1}$  für die grösste Kesselspannung zu berechnen und dabei statt  $\sigma = 0,001$

$$\sigma = \frac{1}{1100 - 5 t_s},$$

wie dies Herr Grashof angibt, in Rechnung zu nehmen.

Zusammenstellung der Formeln zur Berechnung eines Injectors von gegebener Leistungsfähigkeit.

Bei der neuen Berechnung ist die Aufeinanderfolge der anzuwendenden Formeln eine andere als bei der Entwicklung der Theorie und ich will sie deshalb in der richtigen Reihenfolge zusammenstellen.

Gegeben  $(p_0)_{\max}$  und  $(p_0)_{\min}$  ebenso  $h_{\max}$ .

Es ist gut die Rechnung mit beiden Werthen von  $p_0$  zu machen und das ungünstigere Resultat zu behalten.

Zunächst ist:

$$p_s = p_s \pm 0,098 h_{\max},$$

je nachdem  $h$  positiv oder negativ ist; für gewöhnlich kann man  $p_s = 1^{kg}$  nehmen, wenn das Reservoir des Speisewassers in der freien Luft sich befindet.

Nun ist zu untersuchen, ob  $p_s \geq 0,577 p_0$ . Im ersten Falle ist mit  $p_1 = p_s$ , im zweiten Falle mit  $p = 0,577 p_0$  zu rechnen.

Man sucht  $E_0$  und  $H_0$  unter der Voraussetzung, dass  $x_0 = 0,95$ , und findet sodann

$$v_1 = \frac{E_0 - \lg T_1}{\tau_1}; H_1 = t_1 + T_1 (E_0 - \lg T_1)$$

$$w_1 = \sqrt{\frac{2g}{A} (H_0 - H_1)}; \text{Log } \sqrt{\frac{2g}{A}} = 1,959765$$

$$\frac{M_1}{M} = \frac{w_1}{\sqrt{20 g (1,05 p_s - p_s)}} - 1; \text{Log } \sqrt{20 g} = 1,14626.$$

In der Regel ist  $p_s = p_0$ , weil derselbe Kessel, welcher den Dampf liefert, auch gespeist wird.

Damit wird

$$M = \frac{M_1}{\left(\frac{M_1}{M}\right)}.$$

Um die übrigen Rechnungen nicht vergeblich zu machen, controlirt man noch durch Berechnung von

$$(t_s)_{\max} = \frac{t_2 \left(1 + \frac{M_1}{M}\right) - H_0}{\left(\frac{M_1}{M}\right)},$$

wobei  $t_2$  dem  $p_2$  entsprechend der Tabelle zu entnehmen ist, ob  $(t_s)_{\max}$  nicht etwa kleiner ist als die Temperatur des zu Gebote stehenden Speisewassers, resp. die Lufttemperatur. Ist  $(t_s)_{\max}$  grösser als die Lufttemperatur, so kann die Saughöhe nicht erreicht werden, man muss sie kleiner oder aber die Druckhöhe grösser wählen. Zeigt sich bei  $(t_s)_{\max}$  kein Widerspruch, so berechnet man

$$f_1 = \frac{M v_1}{w_1}$$

und macht den Durchmesser um 10% grösser, obwohl ich glaube, dass eine genaue Messung von  $f_1$  und  $M$  die vorstehende Gleichung bestätigen wird.

Mit dem vergrösserten Werth von  $f_1$  bestimmt man den Werth

$$f_2 = \frac{\left(1 + \frac{M_1}{M}\right)^2}{v_1},$$

wobei man

$$\sigma = \frac{1}{1100 - 5 t_2}$$

setzen kann.

Schliesslich macht man

$$f_3 = f_s = 20 f_2.$$

Die Dampfzuleitungsröhre kann circa  $2 f_1$  als Querschnitt erhalten.

## Beiträge

zur

### Bestimmung der zulässigen Inanspruchnahme.

Von

Julius Seefehlner,

königl. ungar. Staatsbahn-Ingenieur.

Professor Winkler hat im Hefte III und IV, des Jahrganges 1877, der „Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines“, die Wahl der zulässigen Inanspruchnahme mit besonderer Rücksicht auf eiserne Brücken zum Gegenstande eingehender Untersuchungen gemacht, an welcher letztere anschliessend mit gegenwärtiger Mittheilung einen weiteren Beitrag zur Lösung der Frage zu geben, versucht werden möge.

Um der neuen Methode in der Praxis rascher eine möglichst allgemeine Einführung zu ermöglichen, versuchte Winkler eine, von der Gerber'schen als auch Launhardt-Weyrauch'schen Methode, abweichende Formel aufzustellen, was ihm aber nur so gelang, dass er das Wöhler'sche Gesetz in solcher Weise ausdrückte, dass er selbst sich veranlasst sah, zu sagen, „es ist sehr möglich, ja sogar wahrscheinlich, dass das von uns gegebene Gesetz nicht das richtige ist“; es wird daher nicht ganz deutlich, warum er diese Methode wählte, wo diese kaum einfacher als die Launhardt-Weyrauch'sche ist, gegen diese aber bezüglich der Richtigkeit der Grundlage nachsteht. Dass die Winkler'sche Methode einfacher als die Gerber'sche,

kann nicht geleugnet werden, ebensowenig, dass er den Einfluss der Stösse besser in Rücksicht nimmt, als Launhardt und Weyrauch. Nach meiner Ansicht dürfte also vorläufig die letztere Methode im Principe als richtig beizubehalten sein, und nur die Zahlenwerthe, so wie schon erwähnt, der Einfluss der bewegten Last in anderer Weise festzustellen sein, und will ich im Nachstehenden versuchen, dies zu erreichen.

Es bezeichne  $\varepsilon = \frac{P_{\min}}{P_{\max}}$ , wo allgemein Zähler und Nenner mit ihren respectiven Vorzeichen eingesetzt werden, so dass  $\varepsilon$  auch negativ werden kann, bei wechselnder Inanspruchnahme auf Zug und Druck, ferner sei  $t$  die Tragfestigkeit des Materiales,  $\alpha$  die Arbeitsfestigkeit,  $u$  die Ursprünglichkeit, endlich  $s$  die Schwingungsfestigkeit, so ist allgemein

$$\alpha = \alpha t \dots \dots \dots 1),$$

wobei für Zug oder Druck

$$\alpha = u \left(1 + \frac{t - u}{u} \varepsilon\right),$$

und da vorläufig aus den Versuchen sich ergibt, dass  $u = \frac{2}{3} t$  wird:

$$\alpha = \frac{2}{3} \left(1 + \frac{2}{\varepsilon}\right) t;$$

für Zug und Druck

$$\alpha = u \left(1 + \frac{u - s}{u} \varepsilon\right),$$

wobei  $\varepsilon$  negativ zu nehmen ist; aber wegen  $u = 2s$  wird

$$\alpha = \frac{2}{3} \left(1 + \frac{\varepsilon}{2}\right) t$$

wie oben, so dass allgemein

$$\alpha = \frac{2}{3} \left(1 + \frac{\varepsilon}{2}\right) t,$$

wobei eben  $\varepsilon$  jederzeit mit seinem Vorzeichen einzuführen ist.

Will man nun mit dem Sicherheits-Coëfficienten  $\beta$  den Einfluss der Stösse der bewegten Last berücksichtigen, so kann gesagt werden, derselbe sei bei kleineren Brücken grösser, als bei grösseren Stützweiten; ebenso ergeben die Wöhler'schen Versuche, dass mit der Abnahme der Differenz der Grenzspannungen die Arbeitsfestigkeit zunimmt, also annähernd gesetzt werden kann

$$\beta = A - B\varepsilon \dots \dots \dots 2),$$

wo  $A$  und  $B$  noch näher zu bestimmende Constante bedeuten.

Es ergibt sich dann aus 1) und 2) der Werth der zulässigen Inanspruchnahme

$$k = \frac{\alpha t}{\beta} = \frac{2 \left(1 + \frac{\varepsilon}{2}\right)}{3 (A - B\varepsilon)} \cdot t \dots \dots \dots 3).$$

Mit Rücksicht auf die oben angeführten Umstände ist es wünschenswerth, dass  $k$  für kleinere Brücken bedeutend kleiner gewählt werde, wie bei grossen, ja dass selbst die unteren Grenzwerte, wie sie Launhardt und Weyrauch annehmen, noch zu gross sind, und es vorzuziehen ist, mit Gerber und Winkler kleinere Werthe zu wählen. Bezüglich der oberen Grenze wären ebenfalls die von letzteren Beiden angenommenen Zahlen als massgebend zu nehmen. Demnach wählte ich für ein „Normal-Material“ von  $t = 3600^{\text{kg}}$  für den Quadrat-Centimeter  $A = 4.0$  und  $B = 1.6$ , so dass

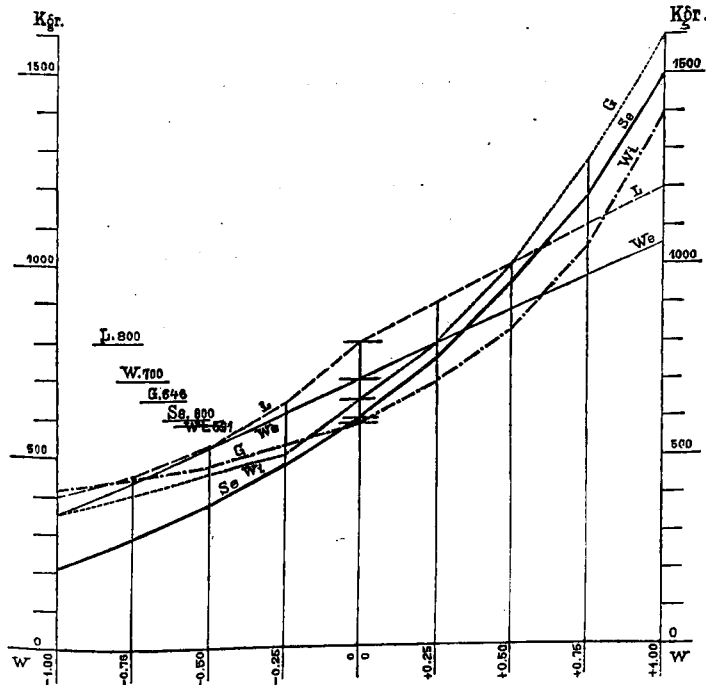


für  $\varepsilon = 0$ ,  $k = 600^{kg}$  und  $\varepsilon = 1$ ,  $k = 1500^{kg}$  wird. In den nachstehenden Tabellen und der Fig. 1 sind die auf diesem Wege erhaltenen Werthe mit den auf den bisher befolgten Methoden erhaltenen Zahlen verglichen.

Methode von	Blosse Zugwirkung				
	$\varepsilon = 0$	$\varepsilon = 0.25$	$\varepsilon = 0.50$	$\varepsilon = 0.75$	$\varepsilon = 1.00$
Gerber . . . . .	646	794	998	1270	1600
Launhardt . . . . .	800	900	1000	1100	1200
Weyrauch . . . . .	700	787	875	963	1050
Winkler . . . . .	591	690	831	1042	1400
Seefehlner . . . . .	600	750	937	1178	1600

Methode von	Wirkung von Zug und Druck				
	$\varepsilon = 0$	$\varepsilon = -0.25$	$\varepsilon = -0.50$	$\varepsilon = -0.75$	$\varepsilon = -1.00$
Gerber . . . . .	646	512	468	406	356
Launhardt (Amerika) . . . . .	800	640	533	457	400*
Weyrauch . . . . .	700	613	525	438	350
Winkler . . . . .	591	530	481	440	406
Seefehlner . . . . .	600	477	375	288	214

Figur 1.



Aus dem Gesagten dürfte ersichtlich sein:

1. dass die Grundlage der vorgeschlagenen Methode ein als „vorläufig“ genau zu bezeichnender Ausdruck des Wöhler'schen Gesetzes bildet, die Zahlenwerthe der genannten Versuche nur mittelbar verwendet werden, da für jedes beliebige Material  $t$  wie bisher, durch einfache Versuche bestimmt, verwendet werden kann;

2. dass die Wirkung der Stösse in einer solchen Weise berücksichtigt wurde, welche die Resultate den als genauesten zu bezeichnenden Gerber'schen Werthen nahe kommen liess, ohne die schwerfällige Anwendung der Methode zu bedingen;

3. dass die Formel ebenso allgemein wie die von Gerber, Weyrauch und Winkler giltig ist, ohne mehr Hypothesen zu benützen als jene.

## Albert-Dock zu Hull \*).

Mitgetheilt von

**A. H. Kessner,**

autorisirter und beedeter Civil-Ingenieur und Mitglied der Gesellschaft der Civil-Ingenieure in London.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 31.)

Die Nordseestadt Kingston-upon-Hull — kurz Hull genannt — liegt in der Grafschaft York an der Vereinigung des Hull- mit dem Humber-Flusse und der Einmündung derselben in die Nordsee.

Während die hervorragenden Seeplätze Englands schon zur Zeit Königin Elisabeth's in Folge Parlamentsbeschlüsse Hafenanlagen hergestellt haben, finden wir in Folge Mangel an Raum, dass die Gemeindeverwaltung Hulls erst im Jahre 1767 im Parlamente um ein Gesetz einschritt, welches ihr die Anlagen von Quais und Docks gestatten solle.

In Folge des erlassenen Gesetzes wurde 1778 das Old- jetzt Queens-Dock vom Civil-Ingenieur Grundy erbaut.

Die durch diese Anlage bedingte sichere Landung und schnelle Ausladung von Schiffen hob den Verkehr dermassen, dass die Dock-Gesellschaft im Jahre 1809 das Humber-Dock durch die Civil-Ingenieure Chapman und Renie und das Junction- (Verbindungs-) Dock durch den Civil-Ingenieur J. Walker 1829 erbauen liess.

Obzwar diese Anlagen eine Wasserfläche von circa 14 Hectaren hatten, so erforderte der zunehmende Verkehr dennoch, dass im Jahre 1846 das Railway- (Eisenbahn-) Dock und 1850 das Victoria-Dock unter Aufsicht des Civil-Ingenieurs Hartley hergestellt wurde.

Im Jahre 1861 musste die Gesellschaft bereits wieder an das Parlament herantreten, um Gesetze zu erlangen, welche ihr die Erweiterung des Humber-Docks und den Neubau des Albert-Docks gestatteten.

Mit den Ausführungen dieser Anlagen wurde der Civil-Ingenieur Sir John Hawkshaw betraut.

Während der Ausführung des Albert-Docks wurden abermalige Vergrößerungen vorgenommen, so dass das am 22. Juli 1869 vollendete Dock eine Wasserfläche von circa 10 Hectaren hat.

Der Tonnengehalt der eingelaufenen Schiffe betrug:

Im Jahre 1775 . . . . .	109.491 Tonnen
" " 1805 . . . . .	174.875 "
" " 1825 . . . . .	448.911 "
" " 1845 . . . . .	710.038 "
" " 1865 . . . . .	1,262.763 "
" " 1874 . . . . .	über 2,000.000 "

Die Einnahmen der Dock-Gesellschaft betrugen:

Im Jahre 1775 . . . . .	£ 4.663
" " 1873 . . . . .	" 176.716

\*) Vortrag Nr. 1417 Institution of Civil-Engineers London.

Die Tafeln und Daten sind Auszüge aus den Original-Mittheilungen des Civil-Ingenieurs Hawkshaw und wurde mir von der Rathskammer der Gesellschaft der Civil-Ingenieure in London die besondere Bewilligung ertheilt, sie dem österr. Ingenieur- und Architekten-Vereine mitzutheilen, was ich hier dankend zu erwähnen für meine Pflicht halte.

Mangel an Raum zwang die Gesellschaft, den Platz für die Anlage des Docks dem Fluthgebiete des Humber-Flusses zu entreissen.

Blatt 31, Tafel 1, Fig. 1, gibt den Plan der Anlagen, welche sich zwischen den Quai-Anlagen der Nordost-, der Manchester-Sheffield- und Lincolnshire-Eisenbahn und dem Ebbe-Ufer des Humber-Flusses ausdehnen.

Die Bahngesellschaften benützten den Fluthdamm des Humber-Flusses (Limekiln-Green) und es oblag der Dock-Gesellschaft die Verpflichtung, den Bahnen einen neuen Fluthhafen herzustellen, ehe sie den Bauplatz durch die Erddämme 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 und 9 gegen das Hochwasser absperrten.

Der von den Bahnen bestimmte Bauplatz, Eisenbahnfluss genannt, wurde durch die Fangdämme *O N M* und *N P Q* abgeschlossen.

Die Arbeiten wurden im März 1863 in Angriff genommen und im Monate März 1865 vollendet.

Die Dockfläche wurde durch die Querdämme 5 und 7 in drei Theile getheilt, um bei einem allfälligen Durchbruche des Humber-Flussdamms die Gefahr auf eine kleinere Fläche zu beschränken.

Wie nothwendig diese Vorsicht war, zeigte sich am 17. September 1866, an welchem Tage das Wasser des Humber-Flusses in die Fundamentgruben der Abtheilung II eindrang und den Flussdamm an zwei Punkten durchbrach. Die Theile I und III blieben von jedem Unfalle verschont.

Fig. 2 zeigt die Beschaffenheit und Lagerung des Baugrundes nach der Linie *A B*.

Fig. 3 bis 7 die Querschnitte nach den Linien *C D*, *E F*, *G H*, *J J* und *K L*, wie sie durch Bohrungen erhalten wurden.

Blatt 31, Tafel 2, Fig. 1, 2 und 3 geben in der Ansicht im Durchschnitte und im Grundrisse die Quaimauern, wie sie für die Einfassung des Docks bestimmt waren.

Es wurden nach diesen Plänen  $613 \cdot 90^m$  (1944') Quaimauern hergestellt.

Da aber die Foundation und Ausführung der Mauern nach diesen Plänen viel Zeit in Anspruch nahm, so wurden in Folge Ersuchens der Gesellschaft dieselben geändert und Fig. 4 bis 8 geben den Durchschnitt der übrigen Quaimauern, je nach der Beschaffenheit des Bodens.

Im Ganzen wurden  $1700 \cdot 75^m$  (5580') Quaimauern hergestellt und der Rest  $493 \cdot 75^m$  (1620') der Dockeinfassung ist abgepflastert (Fig. 9, 11, 12 und 14).

Die Höhe der Quaimauern ist  $10 \cdot 74^m$  (35' 3"); das ganze Dock ist  $1021 \cdot 06^m$  (3350') lang, die Breite variirt zwischen  $131 \cdot 06^m$  (430') und  $60 \cdot 96^m$  (200').

Die Böschungen der Abpflasterung sind an der Südseite  $1\frac{1}{4} : 1$ , an der Westseite des Docks  $3 : 1$  (Fig. 15 und 16).

$731 \cdot 51^m$  (2400') des Ufers des Humber-Flusses wurden

mit Quais (Holz-Construction) versehen und  $975 \cdot 34^m$  (3200') wurden abgepflastert.

Blatt 31, Tafel 3, Fig. 1 gibt den Grundriss der Schleusenammer.

Die Gesamtlänge ist  $199 \cdot 95^m$  (656'), die Länge zwischen den Schleusenthorschwellen  $97 \cdot 53^m$  (320'), die lichte Weite  $24 \cdot 38^m$  (80').

Die Ausführung der Kammer war, in Folge Auftretens von Quellen am Ost-Ende derselben, mit grossen Schwierigkeiten verbunden.

Es brachen im Ganzen an der Ostseite der Kammer fünf Quellen durch die untere Lehmschichte durch, welche die Fundament-Gruben mit Sand und Wasser füllten. Die Westseite blieb von dem Unfalle verschont.

Die Kammer wurde durch Fangdämme getheilt, die Einfahrtsschleuse von *Z* nach *W* verlegt und die Kammerbettung nach Fig. 2 bis 6 ausgeführt.

Wo sich Béton zum Verstopfen der Quelle nicht bewährte, wurde Ziegelmauerwerk angewendet (Fig. 2). Fig. 7 bis 10 geben im Durchschnitte das Ost-Ende der Kammer.

Die Dock- und Flussquais sind mit Bahngeleisen belegt und die Kammer mit einer Drehbrücke überbrückt.

Die Gesamtkosten der Ausführung betrugen in Pfund Sterling . . . . . 559.479 und vertheilen sich:

Für Aushub . . . . .	113.592
„ Dockmauern und Abpflasterung . . . . .	118.680
„ Bassin für die Eisenbahnen (Eisenbahn-Fluss) . . . . .	20.778
„ Kammer . . . . .	88.655
„ Humber-Fluss-Quai-Abpflasterung . . . . .	102.074
„ Schotter für die Quais . . . . .	7.415
„ Maschinen . . . . .	8.343
„ Canäle . . . . .	21.736
„ Schleusenthore, Drehbrücke, Krahne etc. . . . .	37.027
„ Geleise und sonstige Bahnanlagen . . . . .	6.253

Zusammen £ 559.479

Die Kosten eines Längenmeters der Dock-Einschlussmauern betrugen durchschnittlich 63 £ 16·3 Schilling.

An Materiale wurde verwendet:

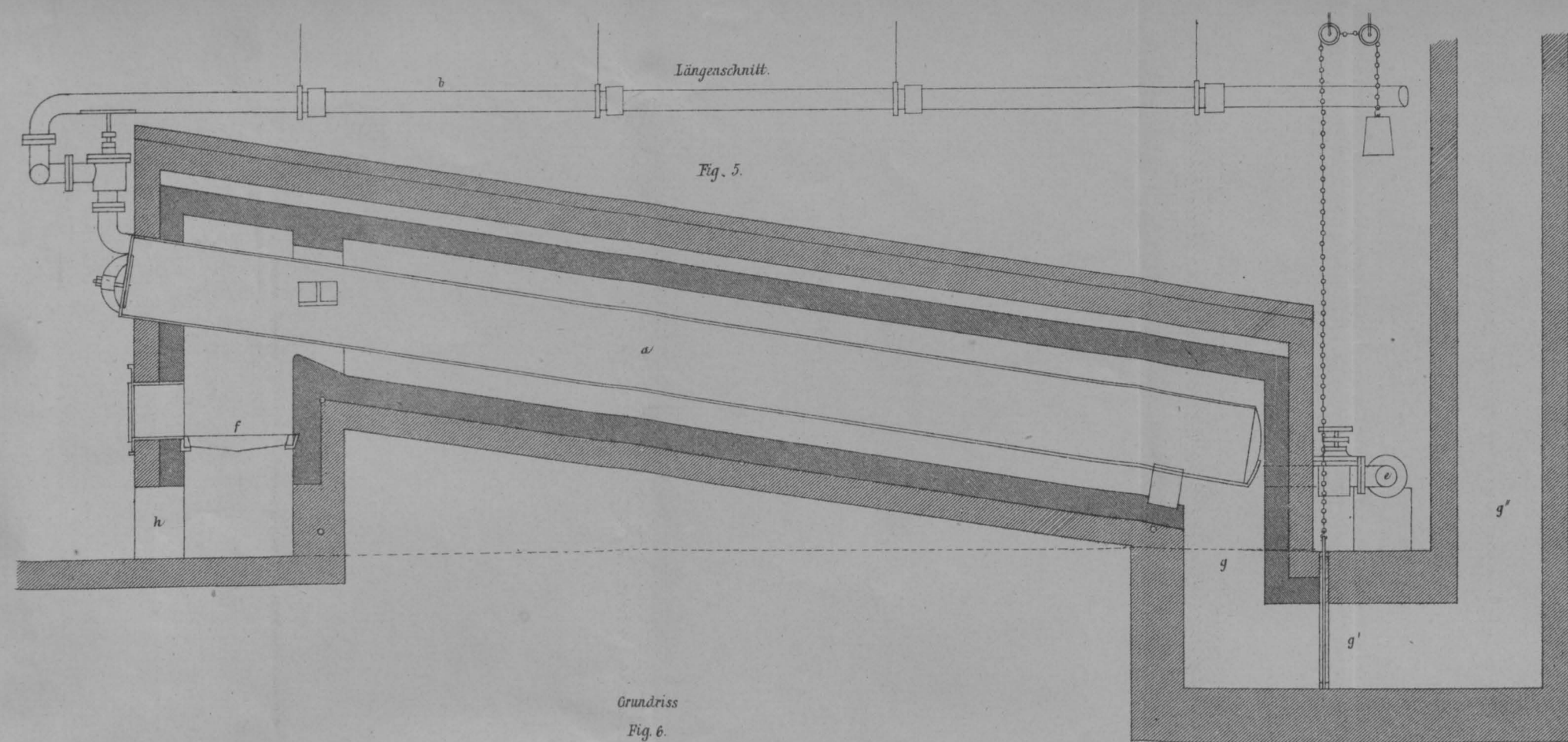
Granite . . . . .	$973 \cdot 933^{kbm}$	(34.396 Kub.-Fuss),
Hausteine . . . . .	$8798 \cdot 385^{kbm}$	(310.729 „ „),
Bruchsteine . . . . .	$89895 \cdot 262^{kbm}$	(117.585 Kub.-Ellen [Yards]),
Ziegelmauerwerk . . . . .	$7874 \cdot 484^{kbm}$	(10.300 „ „),
Abpflasterung . . . . .	$24246 \cdot 900 \square^m$	(29.000 Quadr.-Ellen),
Piloten und sonstiges		
Holzmaterial . . . . .	$4247 \cdot 295^{kbm}$	(150.000 Kub.-Fuss),
Schwellen für Bahn-		
geleise . . . . .	$14440 \cdot 803^{kbm}$	(510.000 „ „),
Béton . . . . .	$49234 \cdot 637^{kbm}$	(66.400 „ Ellen).

1 Elle = 3 Fuss =  $0 \cdot 91438348^m$ ,

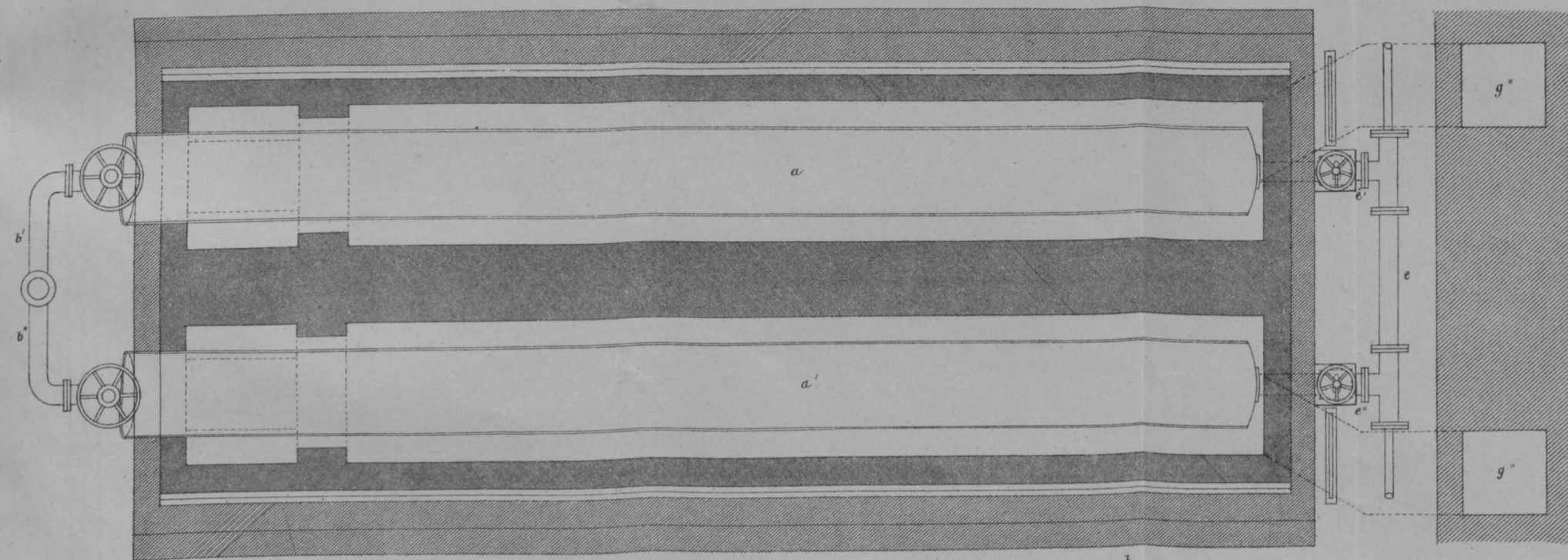
1 Quadr.-Elle =  $0 \cdot 8361 \square^m$ ,

1 Kub.-Elle =  $0 \cdot 764513^{kbm}$ .



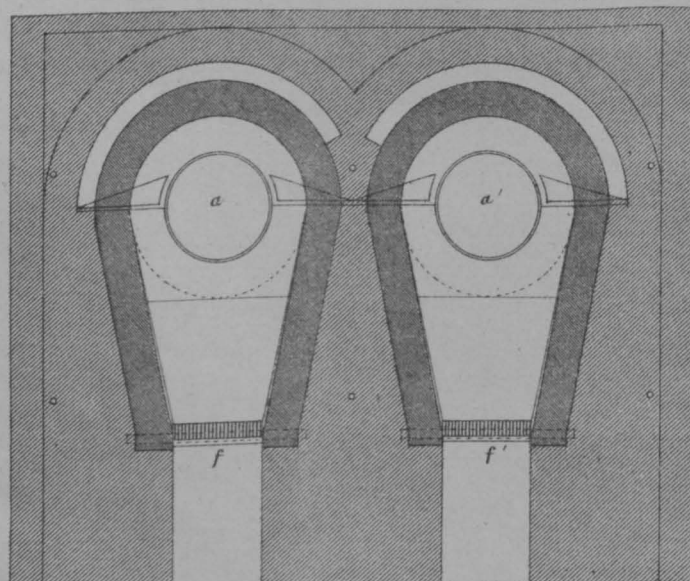


Grundriss  
Fig. 6.



Querschnitt

Fig. 3.



Ansicht

Fig. 4.

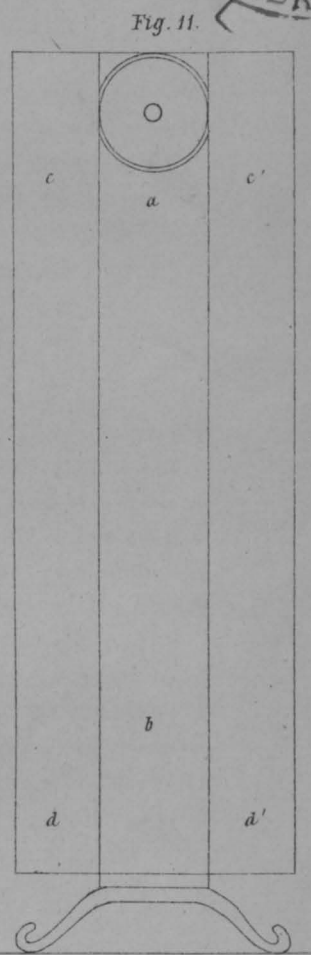
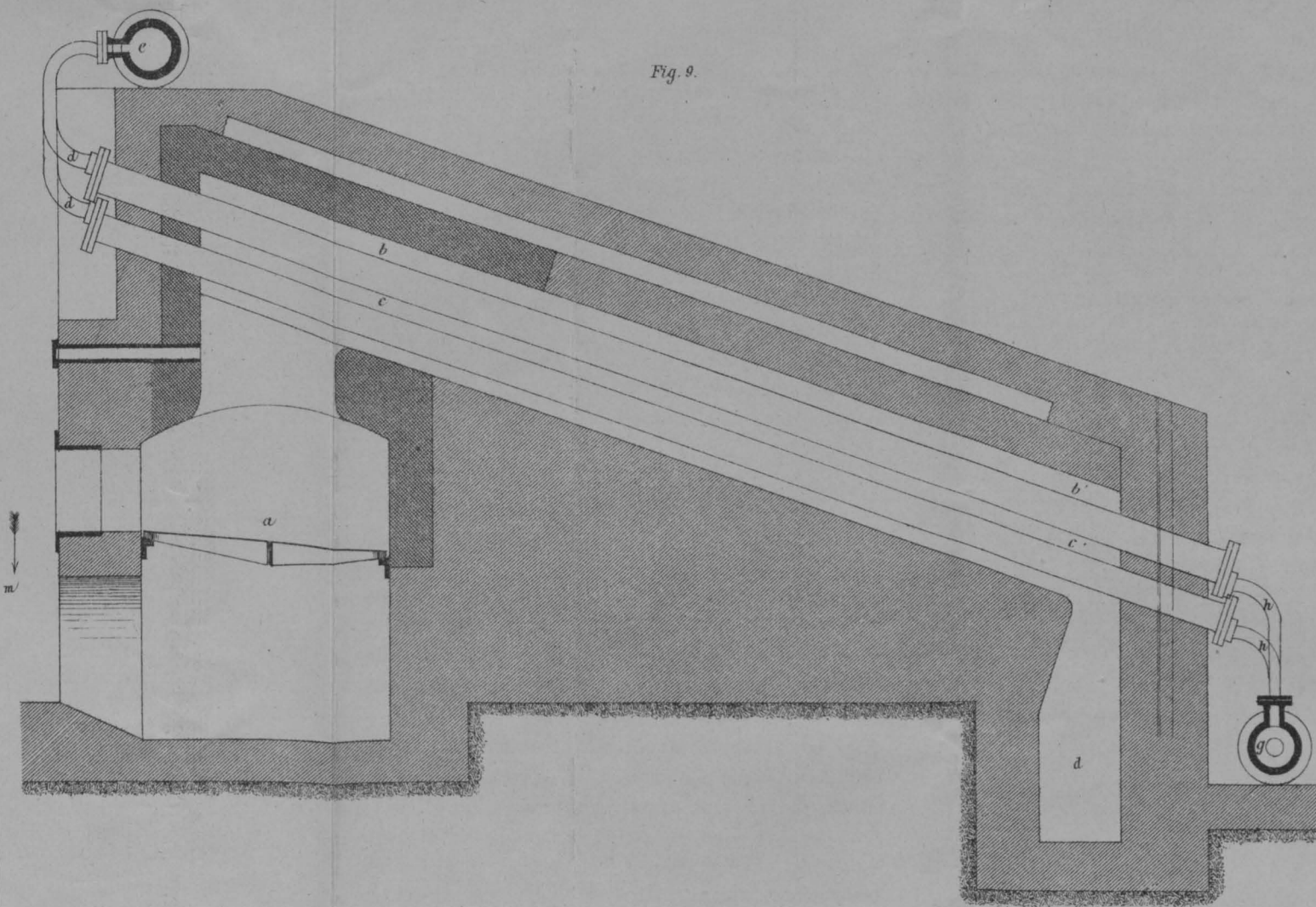
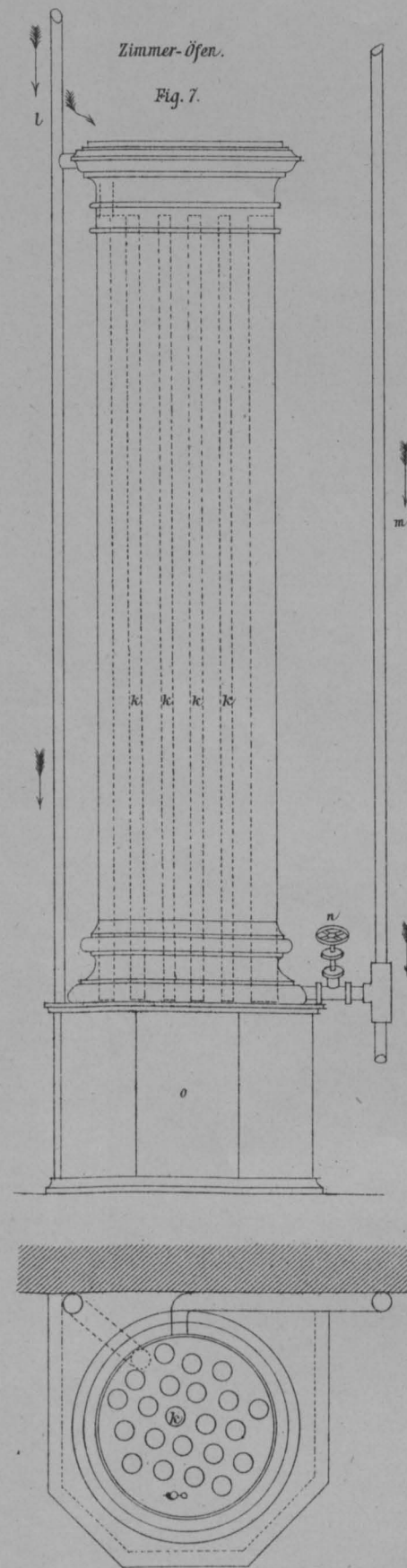
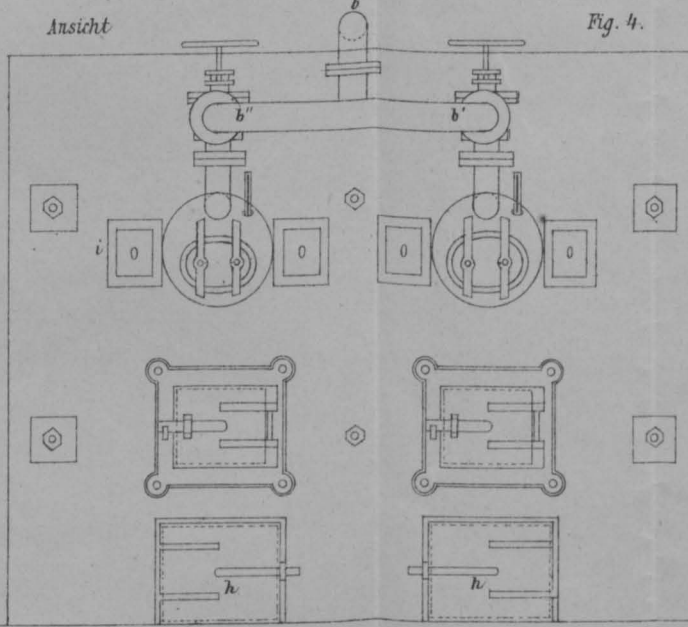
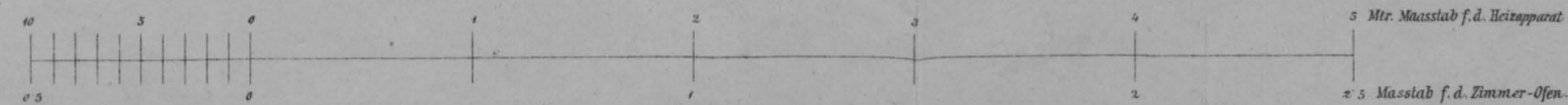
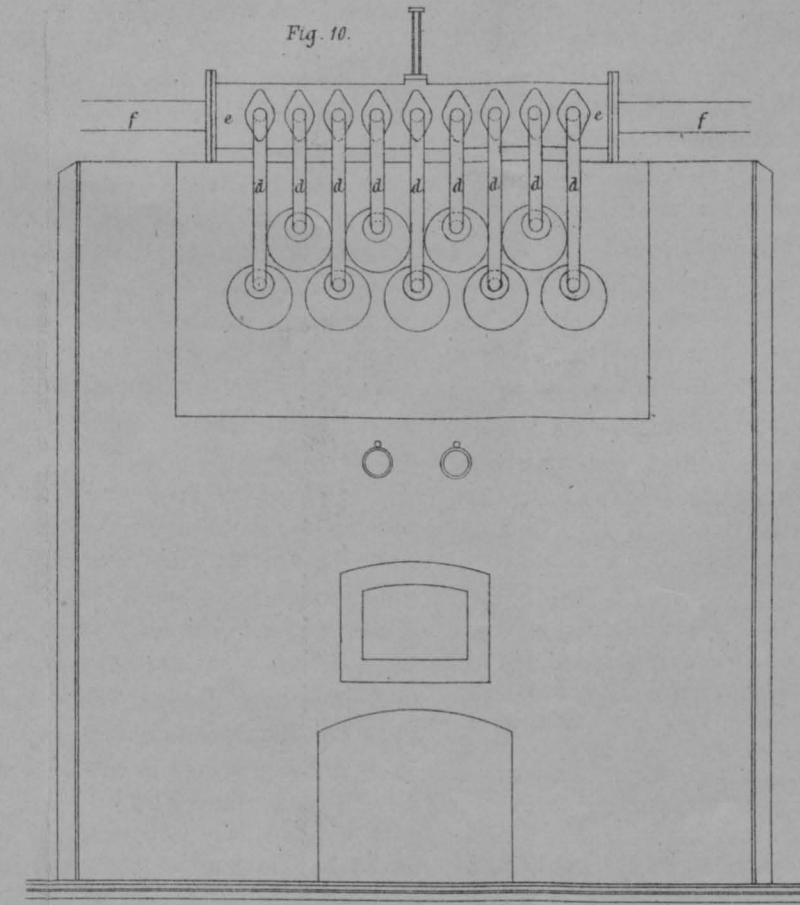
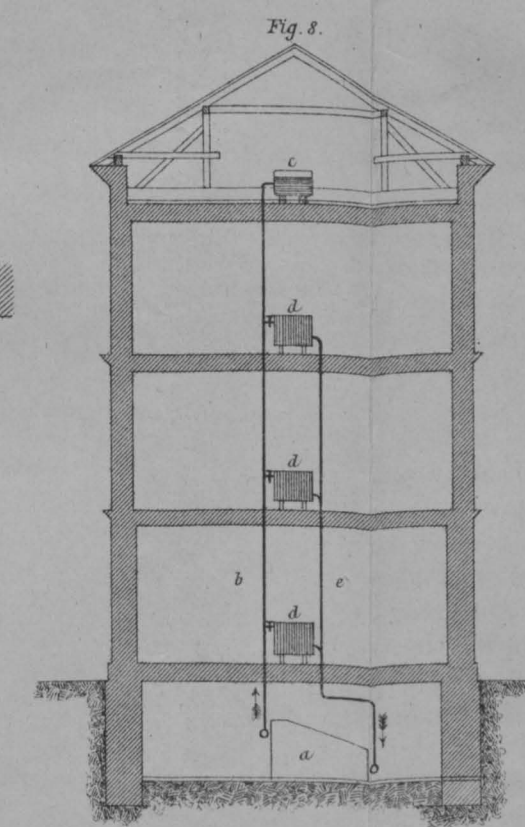
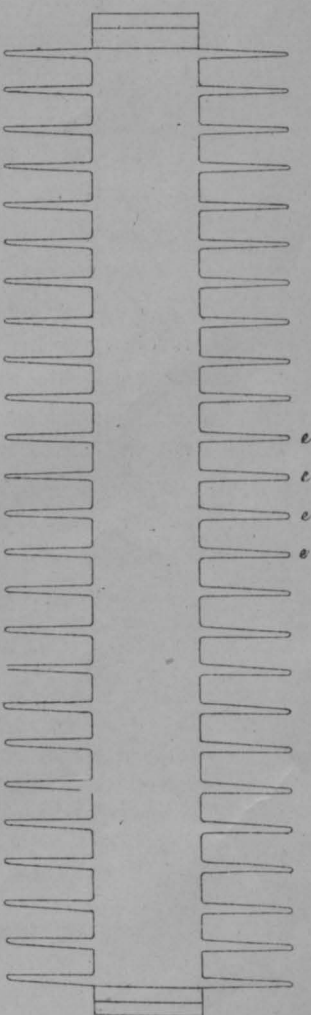


Fig. 12.





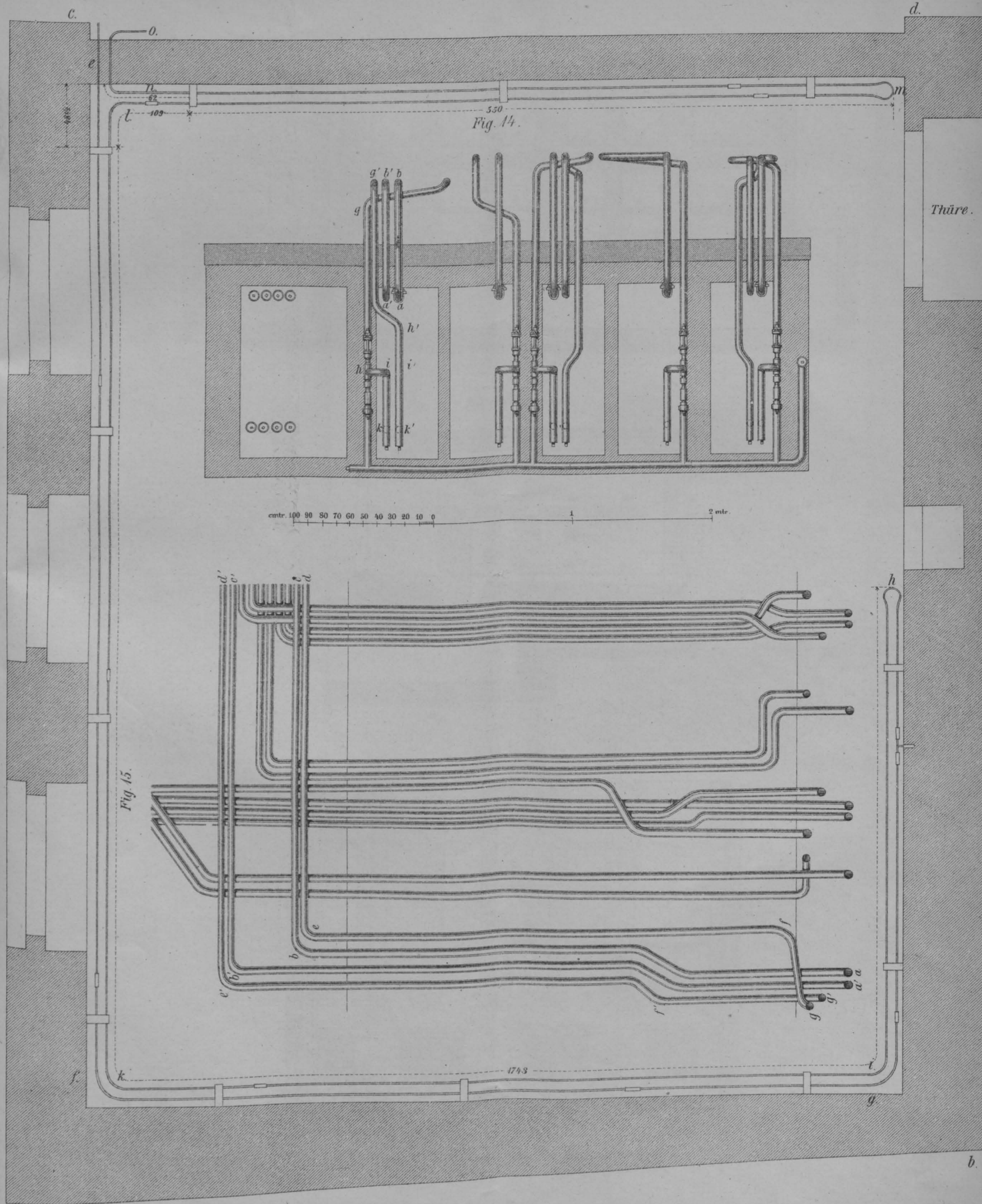


Fig. 18. Querschnitt.

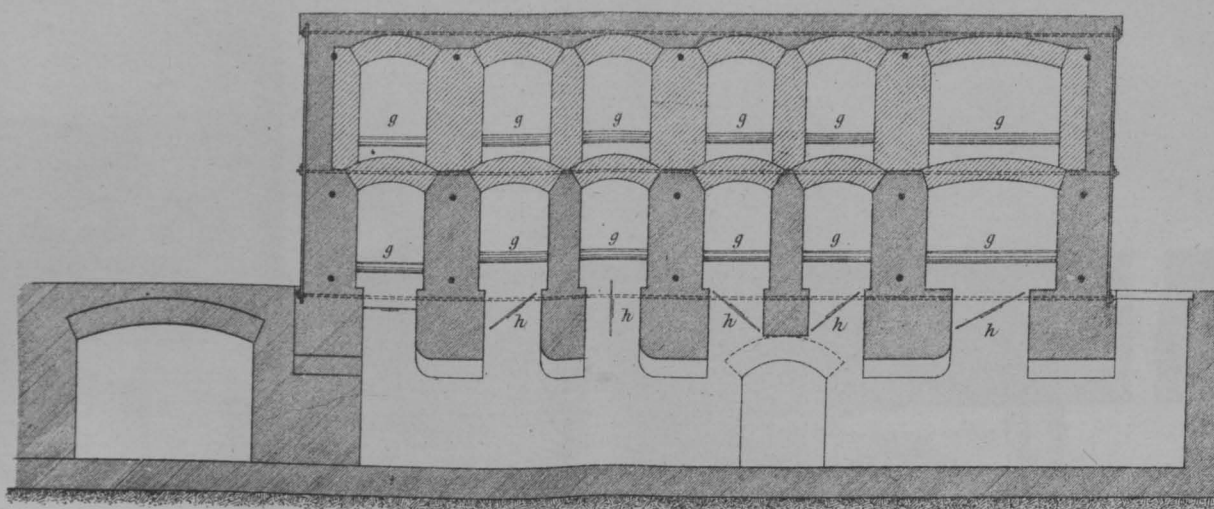


Fig. 19. Längenschnitt.

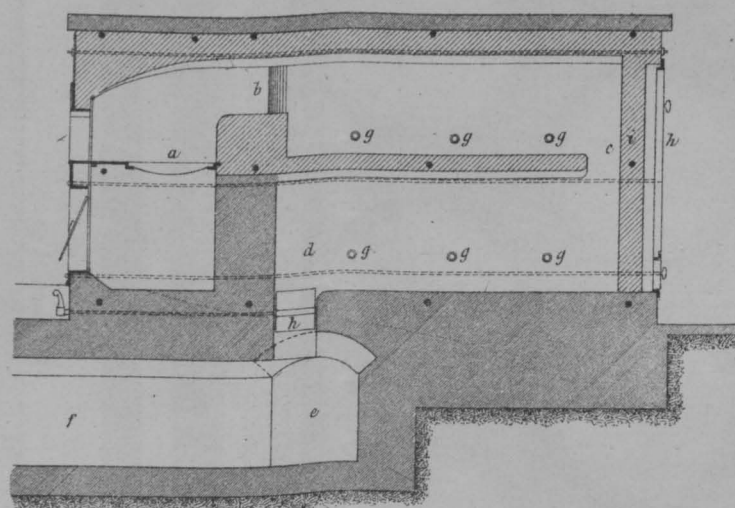
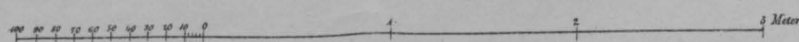
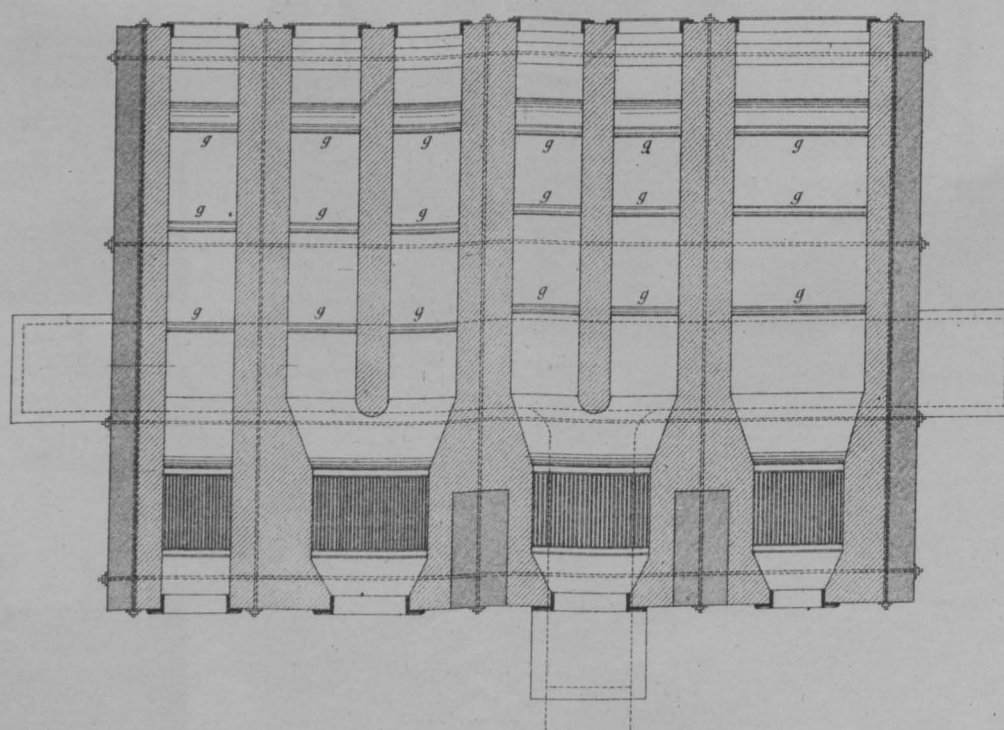


Fig. 20. Grundriss.





für einen Behizungsraum von 1300 bis 1500 Cb. Met. bei stündlich drätfacher Lufterneuerung

Fig. 26. Horizontalschnitt A B.

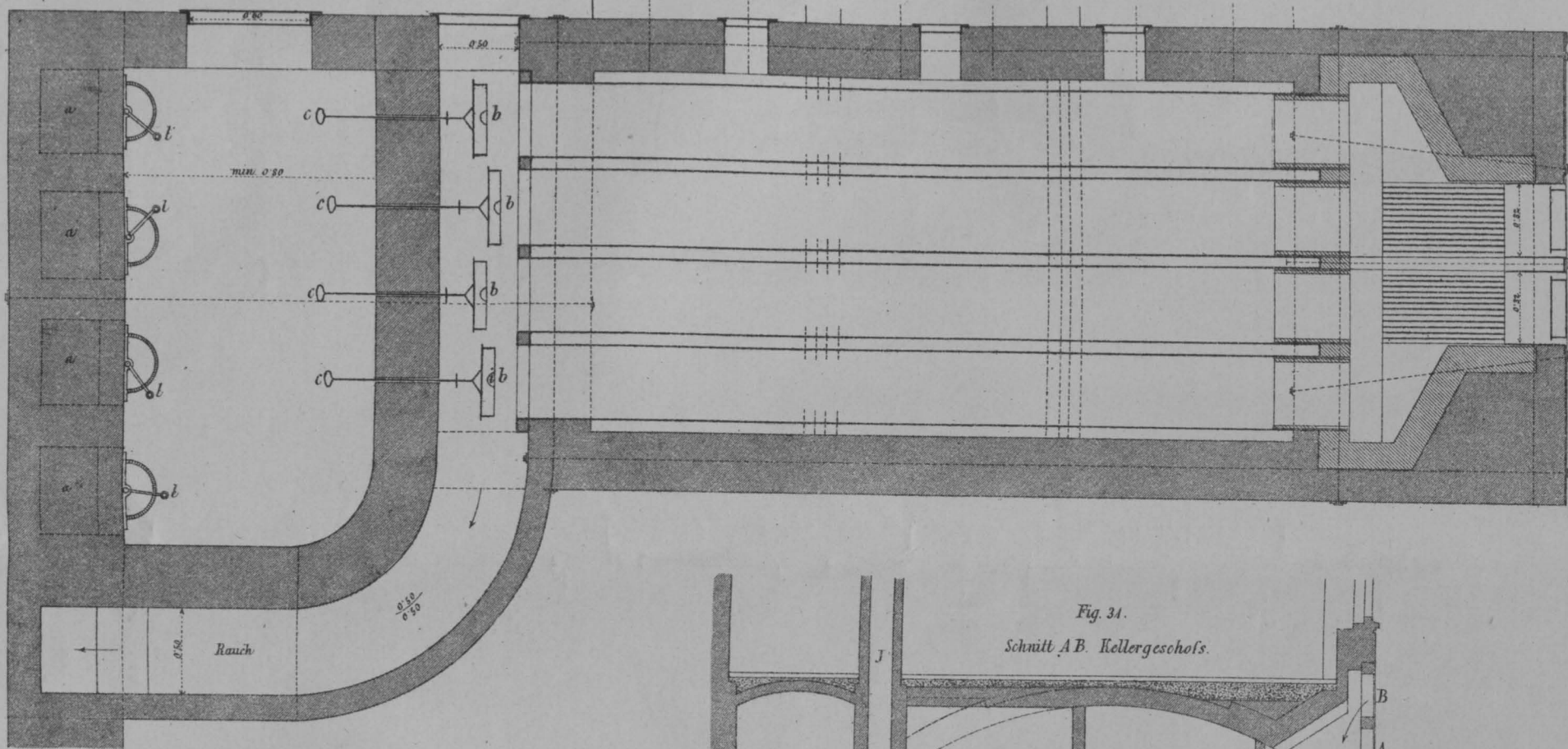


Fig. 34.  
Schnitt A B. Kellergeschofs.

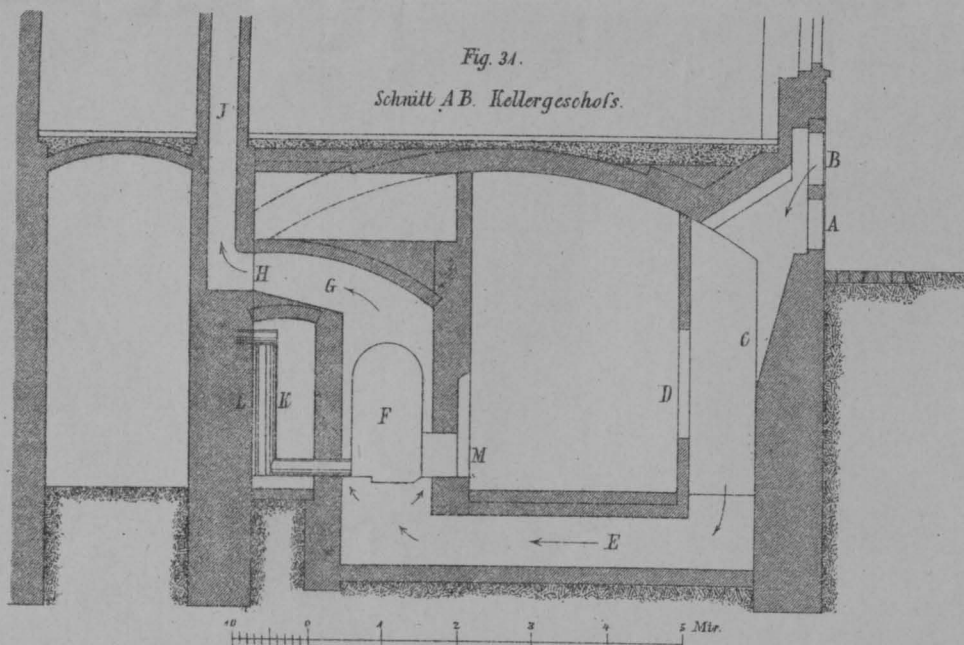


Fig. 25.  
Längenschnitt.

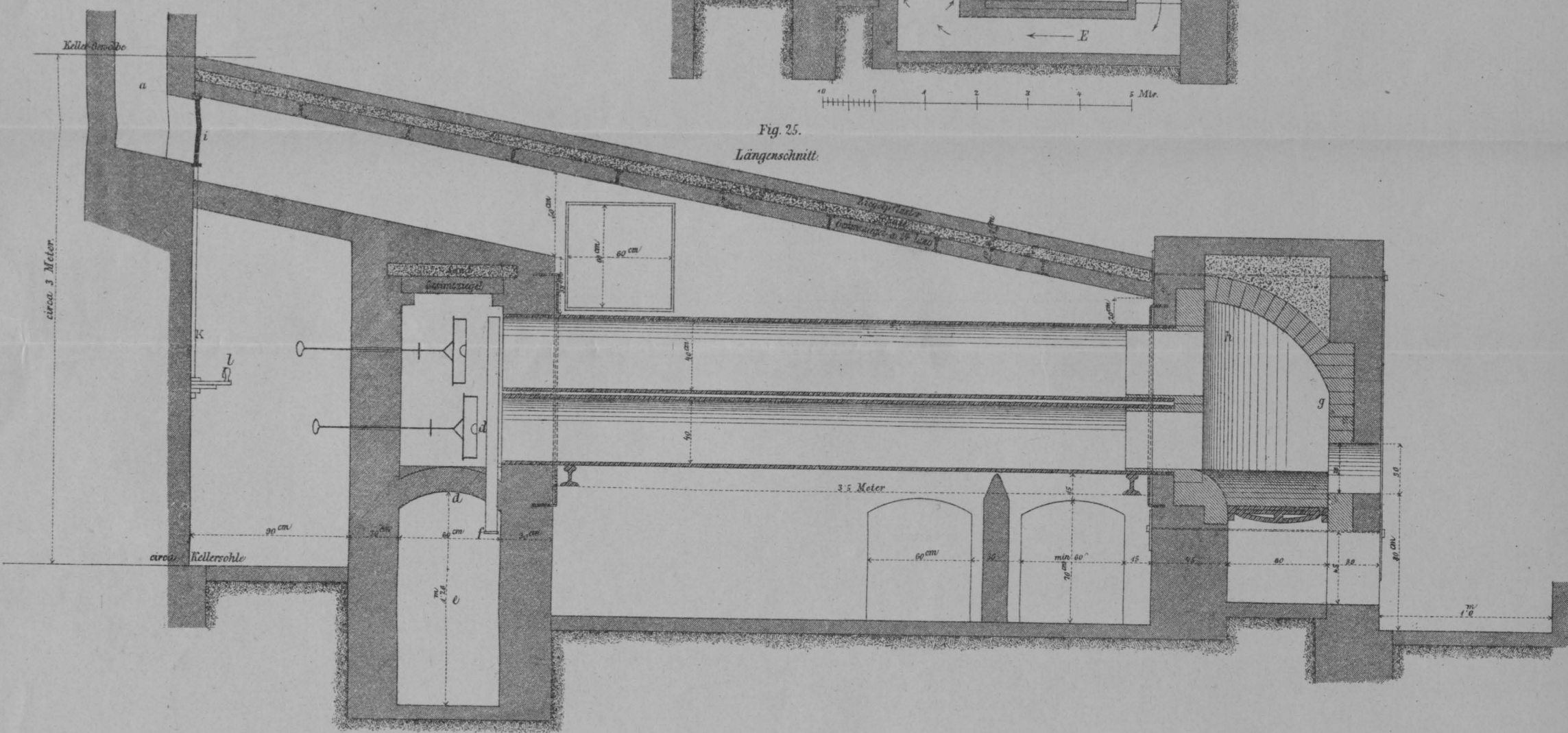
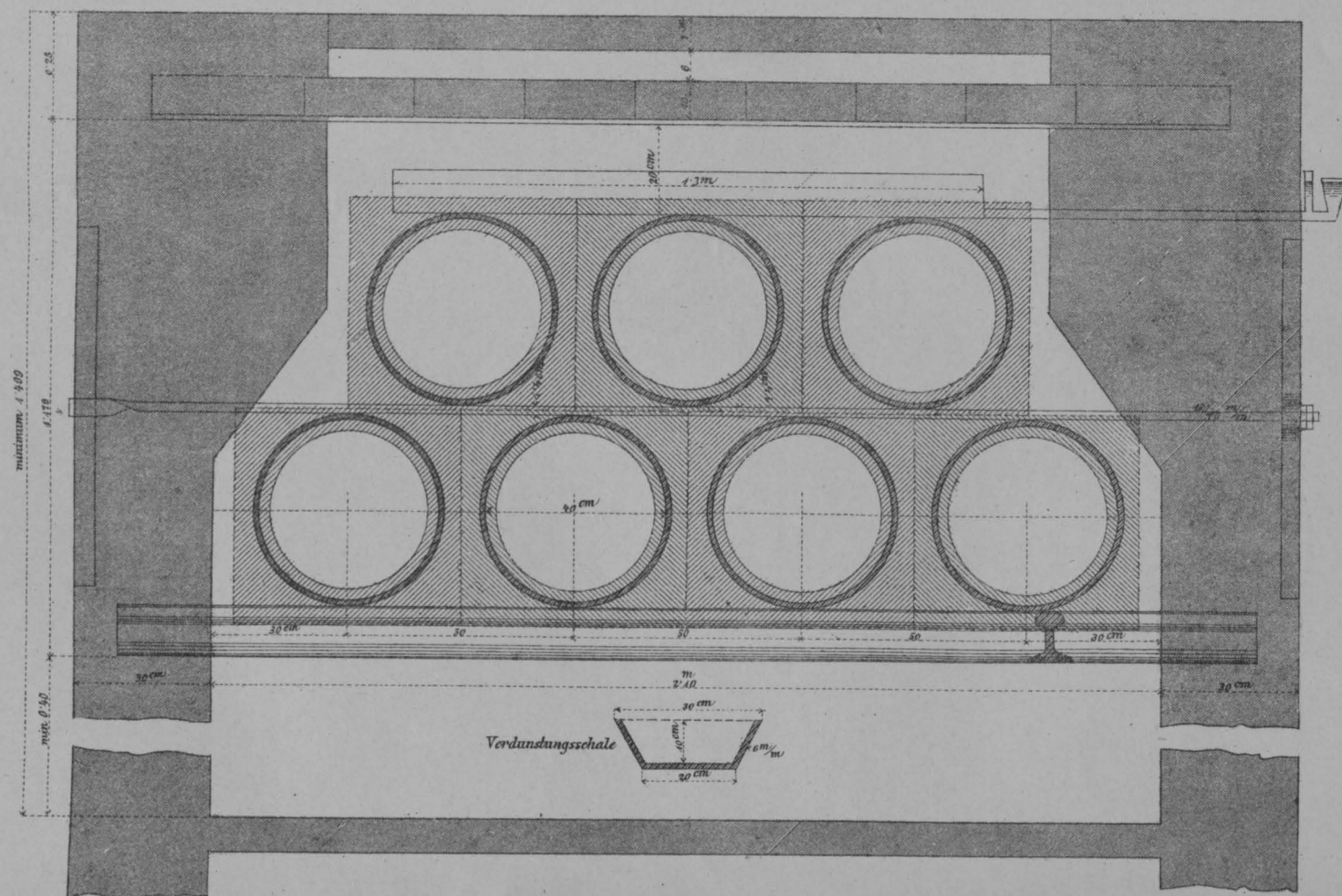


Fig. 27.  
Querschnitt C D.



Verdichtungsschale



Fig. 28.

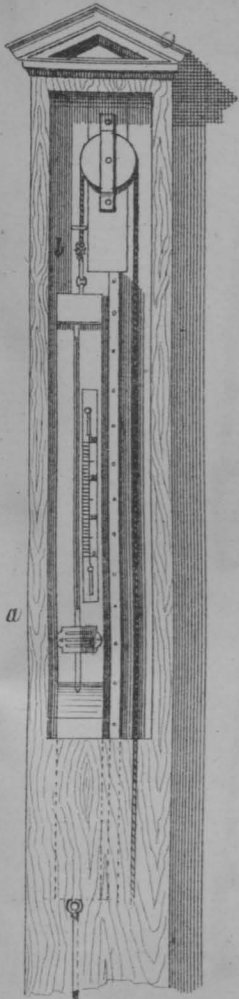


Fig. 30.

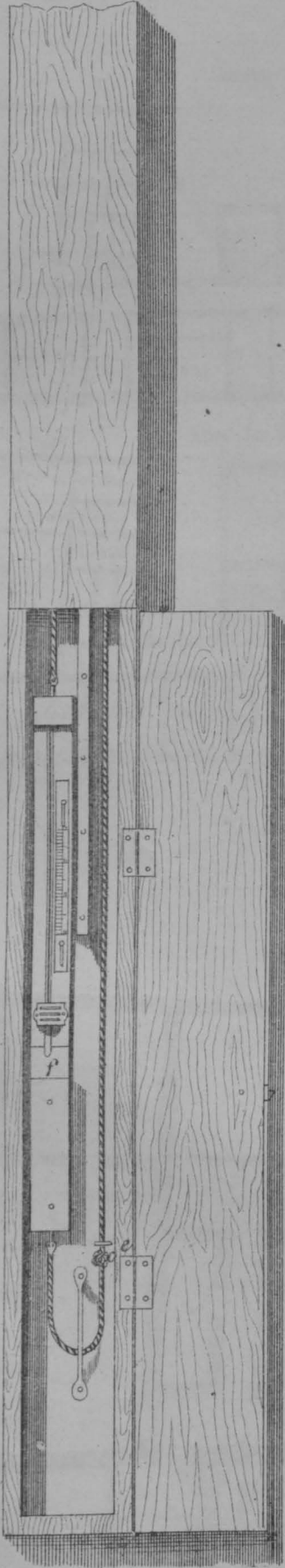


Fig. 29.

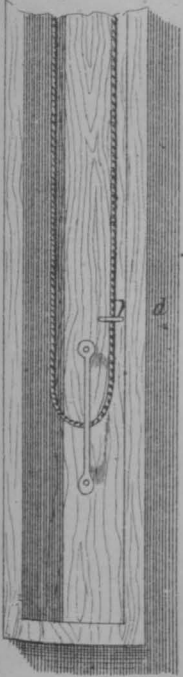
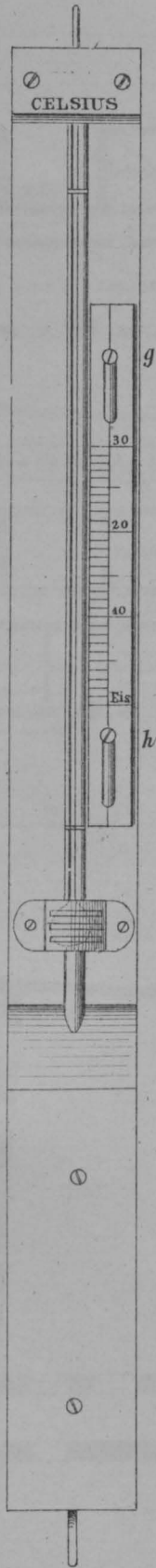


Fig. 31.



Zur Fig. 31.

Fig. 23.

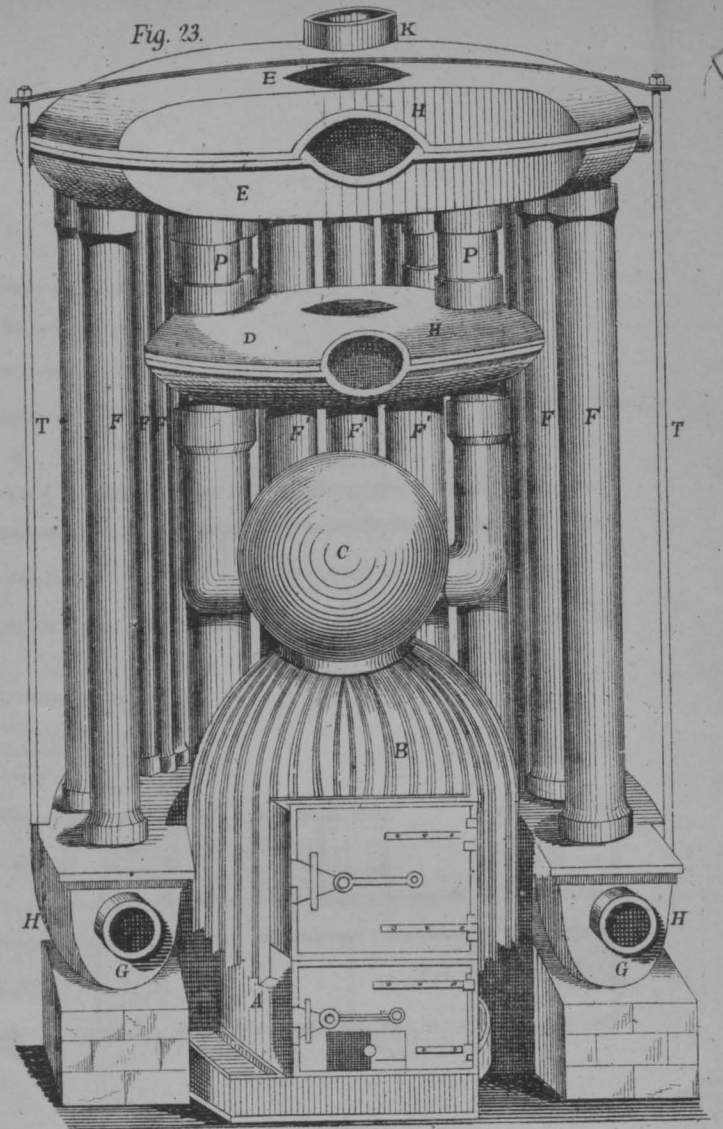
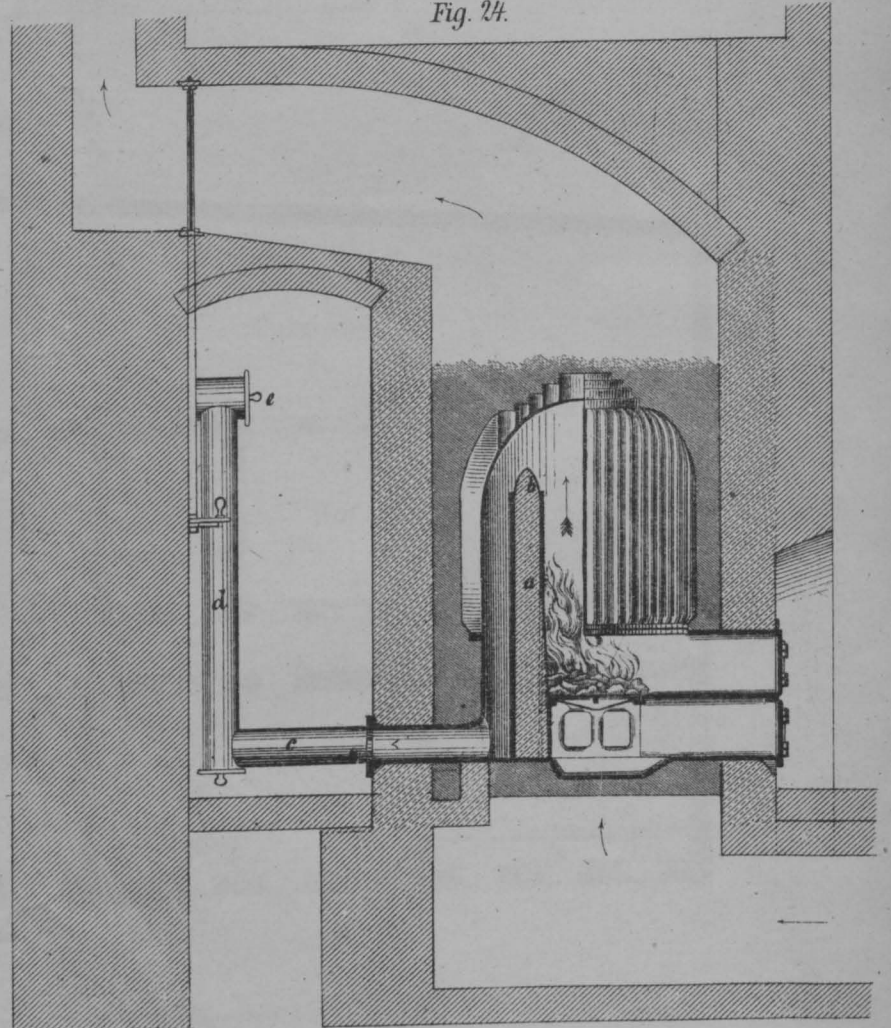


Fig. 24.



10 5 0 1 2 3 Meter

Fig. 33.

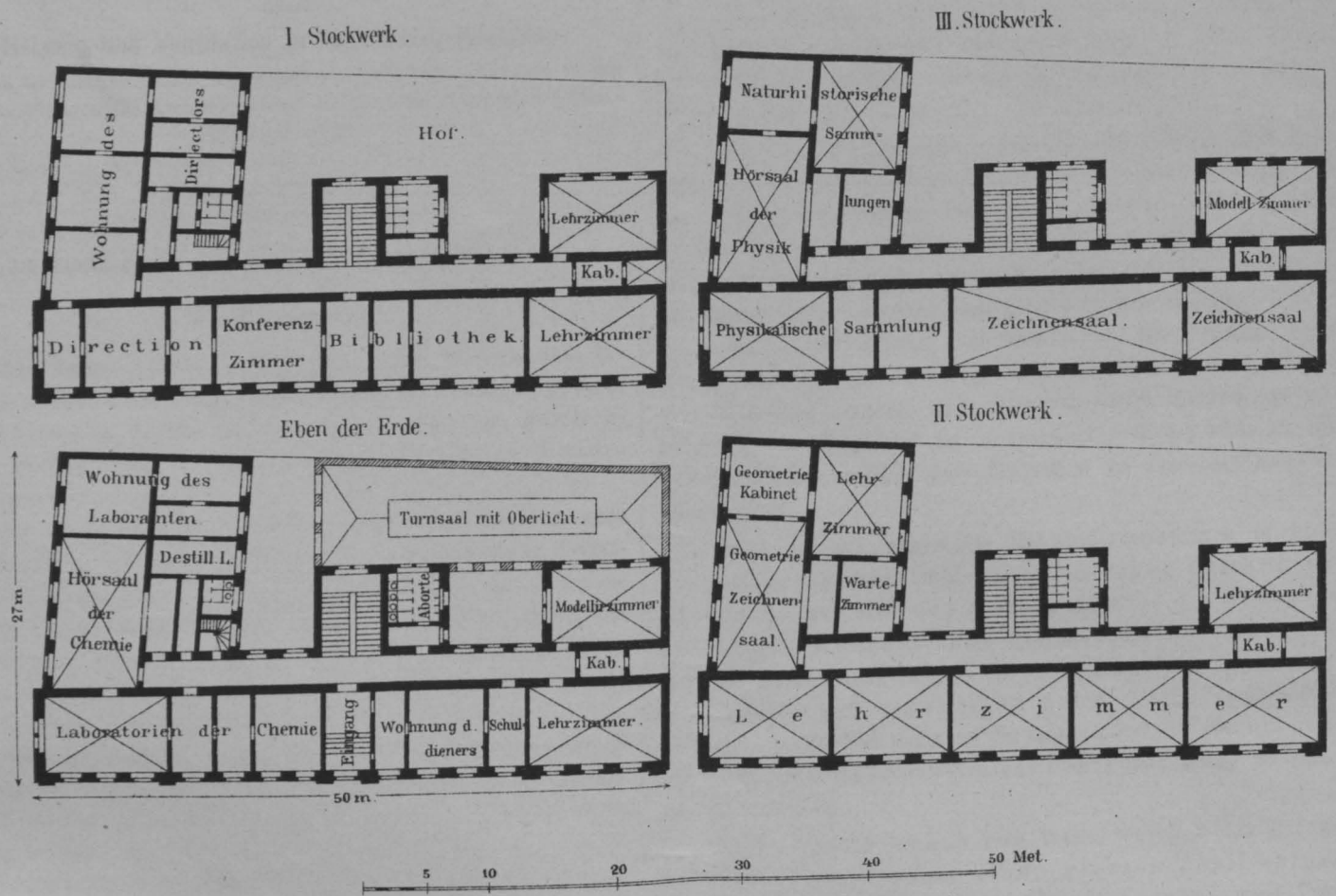
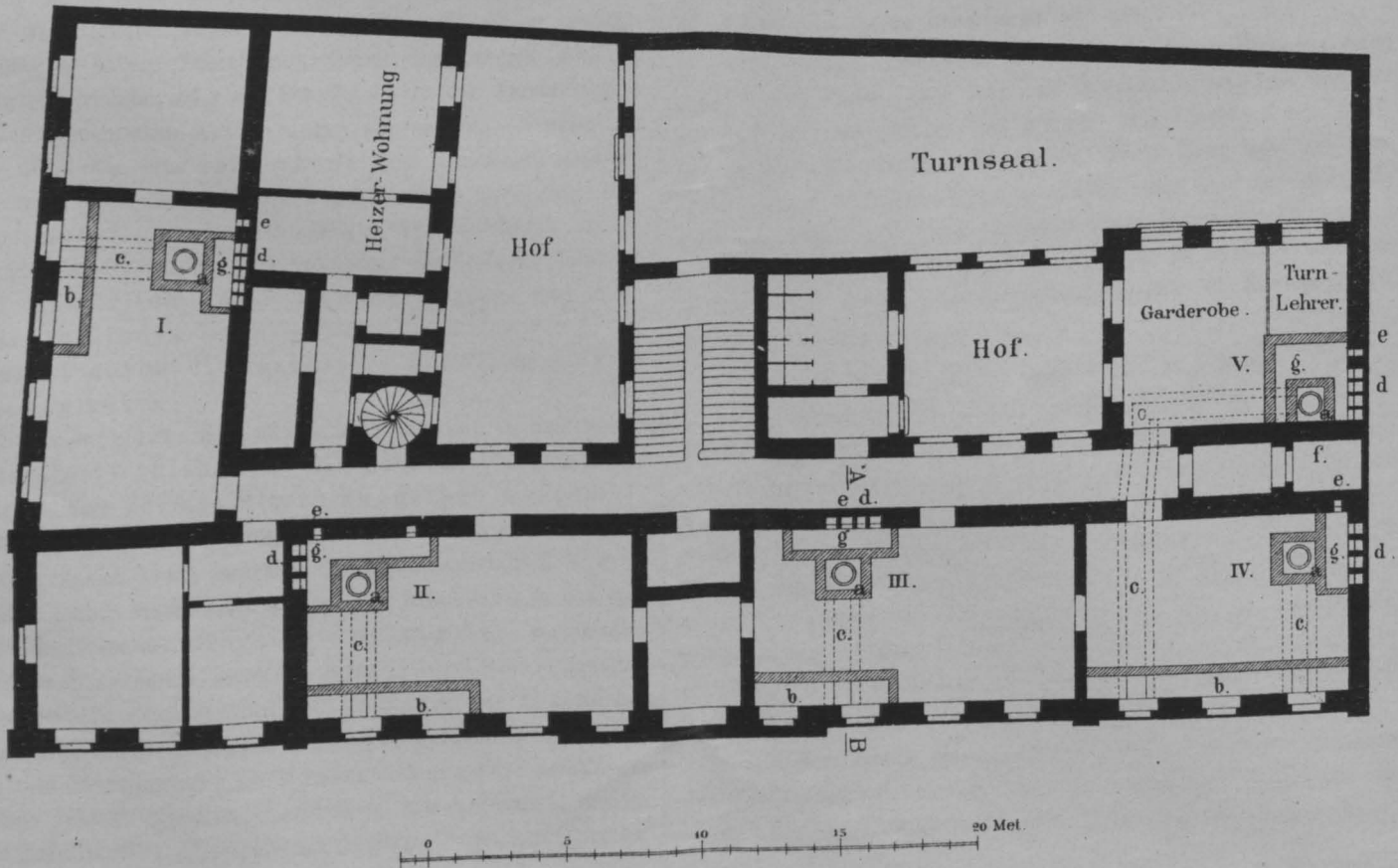


Fig. 32, Keller.



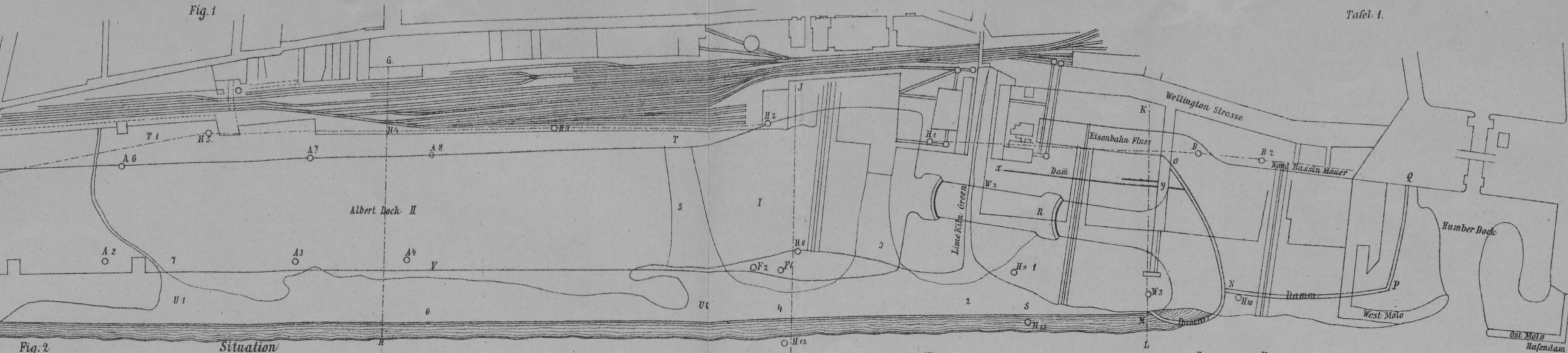






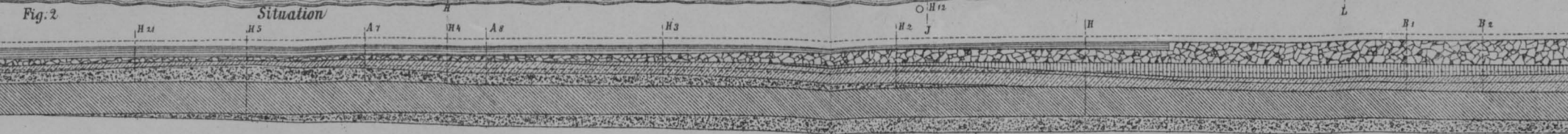
# ALBERT DOCK ZU HULL.

Fig. 1



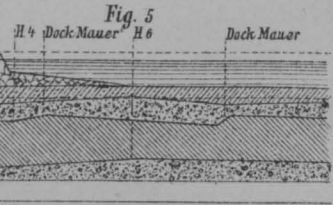
Tafel 1.

Fig. 2



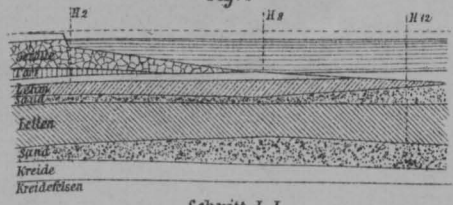
Quai Niveau  
Niveau  
Albert Dock  
Hochwasser  
Niederwasser

Fig. 5



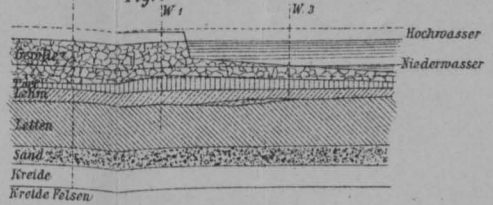
Schnitt A. B.

Fig. 6

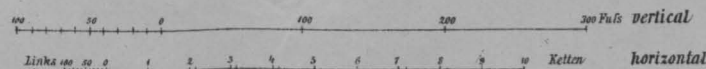


Schnitt A. B.

Fig. 7



Maßstab für Durchschnit.



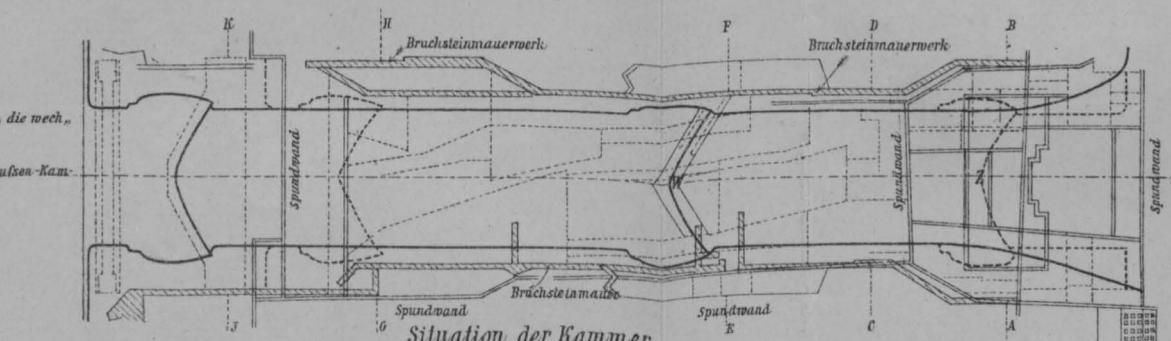
Tafel 2.

## ALBERT DOCK.

Gründung der Kammer.

Tafel 3.

Fig. 1.



Situation der Kammer

Fig. 2.



Fig. 3.

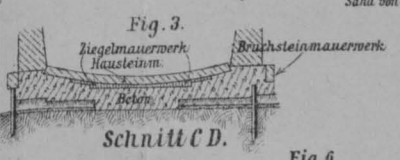


Fig. 4.



Fig. 5.



Fig. 6.

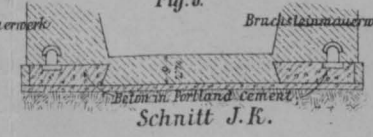


Fig. 7.

